



اهداءات ١٩٩٨

مؤسسة الأهرام للنشر والتوزيع  
القاهرة

رُسُومُ الْعِمَارَةِ وَالْإِنْسَاءِ  
مِزَالُ الْإِنْسَاءِ  
الْجُزْءُ الْأَوَّلُ

الْحَمَلُ وَالْمَوَلُودُ وَالْمَوْتُ  
وَتَفَاصِيلُ الْجُدَارِ الْإِسْتِنَادِيَّةِ

إعداد المهندس  
سماح محمد عيسى تبيجي

حُفُوقُ الطَّبْعِ مَحْفُوظَةٌ لِلْمُؤَلِّفِ

الطبعة الاولى

١٤١١ هـ - ١٩٩١ م

الكتاب : احوال وسلوكية القرية وتفاصيل الجدران الإستنادية .

المؤلف : المهندس عماد محمد عدنان تنبكي .

المطبعة : الشام .

عدد النسخ : (١٠٠٠) ألف نسخة .

التنضيد الضوئي - والإخراج : مؤسسة التنضيد التصويري [دبس] .

يطلب الكتاب من :

المؤلف شخصياً : دمشق - المزة - مساكن شعبية قديمة ٢/٤٥

هاتف : ٢٤٤٣٨٥ / ٢٤٤٨٣١ .

# بسم الله الرحمن الرحيم

## — 1 . 0 المقدمة :

سيتناول هذا الكتاب والذي يليه ، كافة المعلومات التي يمكن لها مساعدة المهندس ، على فهم أسس وأساليب حساب وتصميم الأساسات ، والذي تمكنه من تصميم وتنفيذ مشاريع بسيطة ، وتساعده على تحسّس مشاكل التصميم الأكثر تعقيداً ، والتي غالباً ما يتصدّى لها الاختصاصيون ذوو الخبرة في تصميم وحساب الأساسات . هذا ، ولإنجاز تصميم إقتصادي وآمن ، لا بدّ من أن يكون المعاري مؤهلاً علمياً ، ومتفهماً للمعلومات الأوليّة ، القادرة بحدّ ذاتها ، على توليد حصّ هتسمي لديه .

سنتناول في هذا الكتاب والذي يليه ، طرق وأساليب حساب الأساسات بشكل عام ، وسنناقش بشيء من التفصيل ، أساليب حساب أساسات الأبنية . هذا ، وعلى الرغم من أنه من المتعذّر الفصل ما بين الأبحاث المراد مناقشتها ، إلّا أننا سنقسم المعلومات المراد تفصيلها ، لتندرج ضمن كتابين ، الأول سيعلّ بدراسة ميكانيك التربة وتفاصيل الجدران المستخدمة في حجز الأتربة المسماة بالجدران الاستنادية . والثاني سيعلّ بدراسة الأساسات وطرق حساب وتجهيز مخططاتها .

تقوم الأساسات بنقل حمولة المنشأة الى التربة ، لذا فإن تصميمها يعتمد أساساً على نوعية ودرجة مقاومة الطبقة السفلية من التربة . لهذا سنبدأ الكتاب هذا ، بأبحاث تتناول أحوال التربة ، وهي أبحاث سندرجها ضمن فصلين ،

يناقش الفصل الأول منها ، السلوك النظري للتربة إزاء ما تتلقاه من حمولات ، والثاني سيناقش سلوك أنواع محددة منها على النطاق العملي ، وسيتناول الإجراءات التي يمكن أن تطبّق على التربة لتحسين نوعيتها ورفع كفاءتها .

سنناقش في مستهل تناولنا لأبحاث الفصل الثالث المخصص للجدران الاستنادية ، المظاهر الهندسية للتربة النوعية ، ومن بعد ذلك سنتناول أنواع وتفصيل المنشآت المستخدمة في حجز التربة ، والمعروفة بالجدران الاستنادية .

سيخصص الفصل الرابع ، لتناول وشرح الطريقة المثل لحساب جدار استنادي نموذجي بسيط .

استندت معلومات الكتاب هذا ، على التعليقات الواردة في الكود البريطاني .

دمشق في 1990/9/1

## - 2 . 0 تعريفات تمهيدية :

### - 1 . 2 . 0 التربة :

تعني التربة كمصطلح يندرج ضمن مجموعة مصطلحات هندسة الأساسات ، ذلك الجزء من الأرض الحامل لمنشأة ما . تشمل العبارة الطبقة الصخرية الأساسية من الأرض ، كما تشمل مواداً ردمها إنسان ما . لا تشمل العبارة مطلقاً ، الطبقة الناعمة المسماة بالتربة السطحية ، بما فيها المخلفات النباتية ، التي غالباً ما نجدتها على السطح .

### - 2 . 2 . 0 هندسة التربة أو (ميكانيك التربة) :

إنه ذاك العلم الذي يبحث في سلوكية التربة (من منظور هندسي) ، وذلك عندما تتعرض التربة لتأثير خارجي وتغيرات ظرفية ، حيث تتم دراسة تأثيرات السمات السطحية للتربة على نوعية التربة ، وكذلك دراسة تأثيرات المناخ ، حركة المياه ، أعمال الحفر ، تأثيرات نقل التربة الى موضع جديد ، وتأثيرات معالجة التربة بطرق شتى . كما تتناول هندسة التربة بشكل خاص ، تغيرات الاجهاد داخل بنية التربة . تشمل مجموعة الأبحاث التي تتناولها هندسة التربة أيضاً ، دراسة القوى التي تردُّ بها التربة على المنشآت التي تكون على تلامس معها ، كما تشمل طرق الحصول على معطيات ومواصفات التربة ، بمساعدة اجراءات تقصي الموقع .

### - 3 . 2 . 0 ميكانيك الصخور :

وهو فرع أساسي من ميكانيك التربة ، يتناول الرواسب المتناسكة جيداً والمعروفة بالصخر ، حيث يتم تطبيق أسس الميكانيك ، والجيولوجيا ، لتحديد استجابة الصخور بشكل كمي ، عندما تتعرض لقوى البيئة ، وخاصة عندما تغير العوامل التي يحدثها الإنسان ، القوى الأصلية المحيطة بها .

### - 4 . 2 . 0 الأساسات :

هي تلك الأجزاء من المنشأة ، التي تقوم بنقل حمولاتها مباشرة الى التربة .

ندعو أحياناً جزء المنشأة الواقع تحت سطح الأرض الطبيعية بالمنشأة السفلية . يمكن ان تعدّ المنشأة السفلية ، بمثابة جزء متمم للأساسات ، كما هو الحال في القبو الصلد مثلاً ، حيث يمكن للقبو بمواصفاته تلك ، امتلاك وسائل قادرة على توزيع الحمولات ، فوق أجزاء تلامس فعلياً سطح التربة . من وجهة نظر هندسية ، تعد بلاطة الإرتكاز الواقعة على سطح الأرض الطبيعية أساساً ، ولو أنها عادة ، تتلقى حمولات خفيفة جداً .

#### - 0 . 2 . 5 طبقة :

هي طبقة من التربة ، تتصف بمجموعة من الخصائص المستقلة . يمكن أن يشير الاصطلاح هذا جيولوجياً ايضاً ، الى طبقة خاصة من القشرة الأرضية ، تم تكوينها طبيعياً .

#### - 0 . 2 . 6 الصدع :

هو انقطاع في الطبقة ناشئ عن تكسر قشرة الأرض ، نتيجة تعرّضها لانفعال ما .

#### - 0 . 2 . 7 رضم أو رص التربة :

يدلّ الاصطلاح على انضغاط التربة ، نتيجة تعرّضها لقوى آلية كالمدحلة مثلاً ، حيث تزداد الكثافة الجافة للتربة ، نتيجة الصدم أو نتيجة تسوية وتجهيد الطبقات السطحية .

#### - 0 . 2 . 8 تصلب أو تلّز التربة :

يدلّ الاصطلاح على انضغاط التربة الناشئ عن وزنها الذاتي أو تعرّضها لحمولات مطبقة ، وتتمثل بعملية تتحول بها التربة الرخوة الى حالة متماسكة وقاسية ، وذلك عن طريق تهيؤ التربة المشبعة أو تعذّلها ، كردّ فعل لازدياد الحمولة فوقها ، مما يؤدي الى طرد الماء من مسامها ، ونقص للنسبة الفراغية فيها .



#### - 0.2.9 هبوط التربة :

يشير الاصطلاح الى حركة التربة باتجاه الأسفل ، بسبب تعرضها لحمولة ما ، كالتصلب الطبيعي ، انخفاض نسبة الرطوبة ، أو بسبب تدهور التربة (زحل تربي سريع) .

#### - 0.2.10 انتفاخ أو جیشان التربة :

وهي حركة تصيب حبيبات التربة الناعمة ، نتيجة انخفاض الضغط السفلي الحالّ بها ، قبل حدوث الظاهرة ، أو نتيجة تدفق الرطوبة . جیشان التربة هي أيضاً وصف للحركة المتجهة نحو الأعلى ، والناشئة عن تدفق مادي لأي تربة ، وللإشارة الى ظاهرة التجمّد .

#### - 0.2.11 النطاق المائي أو منسوب المياه الجوفية :

هو سطح المستوي الفاصل بين نطاق التشبع ونطاق التهوية ، أي المستوي الذي تكون الأرض تحته مشبعة بالماء . ويعني آخر هو المستوي الذي يكون فيه الإجهاد المحايد في التربة مساوياً للصفر .

#### - 0.2.12 الإجهاد المحايد أو ضغط ماء مسامات التربة :

هو الإجهاد المنقول خلال المائع التخللي ، المخترق لمسامات التربة ، أو لمسامات كتلة صخرية .

#### - 0.2.13 فوران صقيعي :

هو تحرر كميات ضخمة من الماء ، نتيجة ذوبان مياه متجمّدة ضمن فراغات تربة مجاشة ، مما يؤدي لاحقاً الى تليّن التربة .

# **الفصل الأول**

## **بنية التربة النظامية وسلوكها إزاء**

### **التأثيرات الخارجية**

#### **ـ 1.0 المقدمة :**

سيتناول الفصل هذا ، نماذج التربة الأساسية ، بنيتها ، المقاومات ذات الخصوصية ، والتشوهات التي تتعرض لها التربة . كما سيغطي الفصل ، الإجهادات المتولدة ضمن التربة وطرق حساب هبوطات التربة .

## - 1.1 محفل لفهم سلوكية التربة إزاء المتغيرات الخارجية :

- 1.1.0.01 : تشكّل المنشأة مع أساساتها ، والتربة الداعمة لها ، كلاً مترابطاً ، إذ تتفاعل الأجزاء مع بعضها البعض ، وفق أنسقة وطرق معقدة . تشوّه الأجزاء تلك جميعاً تحت وطأة الإجهادات ، بينما يمكن أن تسبّب الظروف المتغيرة حركات أخرى . لهذا وللوصول الى تصميم جيد للأساسات ، لا بدّ من التزوّد بمعلومات دقيقة ، والإلمام بالكيفية التي تتم بموجبها استجابة التربة للظروف المحيطة بها والمعرضة لها .

- 1.1.0.02 : إن المعالجة الكاملة والمستفيضة لسلوكية التربة ، تبقى خارج نطاق الهدف من العرض المبسّط هذا . إلّا أننا سنتناول بشكل موجز ، الخصائص الهندسية لأنواع متعددة من التربة ، كما سنتناقش سلوكية التربة الفعلية ، ضمن النطاق العملي ، في الفصل الثاني إن شاء الله . سنتناول في هذا الفصل ، تأثيرات أبعاد جزيئات التربة ومحتواها من المياه ، على خصائص التربة الأساسية كالمقاومة وقابلية التشوّه ، وكذلك تأثيراتها على حركة التربة .

- 1.1.0.03 : تتألف التربة من ركام من الجزيئات الصلدة ، وغملاً الفجوات ما بين الجزيئات عادة بالماء أو الهواء . يمكن أن تتألف التربة من مواد رسوبية ، تمّ ترسّبها طبيعياً أو صنعياً على شكل ردميات تمّت بفعل بشري ، مما يجعلها تبدو نسبياً أكثر نعومة ورخاوة ، وأقلّ تماسكاً . يتميز الصخر بصلابته ، بقساوته ، ويأثّر مكوّن من مواد شديدة التلاحم .

- 1.1.0.04 : تصنّف كافة أنواع التربة ، ما عدا الصخرية الصلدة منها ، وفقاً لأبعاد جزيئاتها ، وابتداءً من الأبعاد الضخمة وحتى البسيطة . إذ تصنّف التربة الى حجرية (جلمود<sup>(1)</sup> وحصى كبير) ، حصوية ، رملية ، غرينية<sup>(2)</sup> وصلصالية<sup>(3)</sup> ، كما هو موضح على المخطط البياني (1-1) . يمكن أن تدرج التربة الحصوية ، الرملية ، والغرينية ، ضمن تصنيف يستند لاعتبارات أخرى ، لتسمّى وفقه على التوالي : بالتربة الخشنّة ، متوسطة الخشونة ، وناعمة . تتألف التربة العضوية عادة ؛ من نسج نباتية نصف متفحّة ، ومن جزيئات ناعمة متوضعة على شكل بنية ليفية . أما التربة الصناعية ، أو الردميات (ركام



اصطناعي) ، فهي تربة يمكن ان تحوي أيّاً من أنواع المواد المدرجة ضمن التصنيف العام ، وإيّا من المواد المنتجة بشرياً . تتألف الردميات أو الرواسب الطبيعية من مزيج لنوعين أو أكثر من تلك ، المدرجة ضمن التصنيف العام ، المحدّد لأنواع التربة .

1.1.0.05 - تعتمد طريقة تعيين الخصائص الهندسية للتربة ، في حال لم تكن جزيئاتها جيدة التلاحم ، على معرفتنا لأبعاد جزيئاتها المكوّنة ، محتواها من المياه ، الأسلوب الذي تمّ بموجبه ترسّب المكوّنات ، تاريخها الجيولوجي ، وعلى نطاق محدد ، على معرفتنا للبنية الكيميائية لجزيئاتها المستقلة ، وعلى معرفتنا لنوع اللواصق التي تربط فيما بينها . بشكل مشابه ، نجد ان تصرّف كتلة حجمية من الأرض ، تحوي على أنواع متعددة من التربة ، وتعمل بمفردها على دعم جملة تأسيسية ، لا يعتمد فقط على خصائص طبقات التربة ، بل أيضاً على العلاقات المتبادلة فيما بينها ، والمؤدية أحياناً الى ظهور معالم جيولوجية نوعية جديدة ، وعلى أي تأثيرات خارجية محتملة أخرى .

## 1.2 - 1.2.0.01 - 1.2.0.02 : بنىة التربة النضالية :

1.2.0.01 - تمتلك التربة المتراوحة في تصنيفها العام ما بين تربة ذات بحص خشن وتربة صلصالية ، فجوات متنوعة الأبعاد ، تفصل ما بين جزيئاتها . تلعب طبيعة الفجوات (والتي تلعب أبعادها ، شكلها ، تصنيفها ودرجة تراص جزيئاتها دوراً في تحديد طبيعتها) ، دوراً كبيراً في تحديد كمية المياه المحتجزة ، وفي تحديد مقاومة التربة ، وسلوكية حركتها .

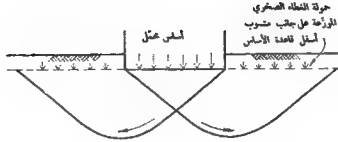
1.2.0.02 - تسمح حبيبات التربة الأكثر خشونة ، بنفوذ كمية أكبر من المياه ، وما لم تُشبع تلك التربة بالمياه ، نتيجة لظروف معينة تحيط بالموقع ، فإن كميات قليلة جداً من المياه ، هي التي تبقى ضمن فجواتها . يلعب وزن الحبيبات وقوى الاحتكاك ما بين جزيئات التربة ، دوراً في جمع حبيبات التربة معاً وتأمين تماسكها النسبي . تتحكم درجة إحكام تراص التربة أو كثافتها النسبية بمقاومة التربة . يمكن ان تحدث حركات ، تقوم بها وبشكل سريع جزيئات التربة ، إن تعرّضت التربة مثلاً ، لفعل قوى خارجية .

1.2.0.03 : تعدُّ شتى أنواع التربة الصلصالية ذات الفجوات ضئيلة الأبعاد ، واحدة من أنواع التربة غير النفوذة نسبياً ، والتي تنزع إلى احتجاز الماء . تحتجز التربة الصلصالية الماء ، إلى أن تصل إلى التشبع التام ، مما يؤدي إلى تماسك وتلاصق جزيئاتها المكونة وترابطها معاً ، وتولد غشاء مائي يفصل ما بين الجزيئات . يعتمد تحديد مقدار مقاومة التربة الصلصالية بشكل كبير ، على سماكة غشاء الماء هذا ، إذ تضعف مقاومة التربة الصلصالية ، كلما كان الغشاء المائي أكثر سماكة . تحدث أي حركة تقوم بها الجزيئات المكونة نتيجة تغير في حجم الفجوات ؛ بشكل بطيء جداً ، وذلك يعود إلى أن نزوح الماء من خلال الفجوات ، يتم عادة ببطء شديد وعلى فترات . إلا أن لسلوكية كتلة الصلصال تأثير متعاطم ، إذ يؤثر حدوث صدع في الكتلة ، أو ظهور معالم أخرى ؛ في درجة تصرف التربة للمياه ، ويسبب اختلالاً في خصائص المقاومة . إن طبيعة وسلوك التربة الغرينية ، تختلف عن طبيعة وسلوك التربة الصلصالية ، إذ لا نلاحظ على التربة الغرينية ، هذا التأثير المفرط لطبيعتها على نمط سلوكها .

### - 3 . 1 : التصور العام لمقاومة وتشوهات التربة :

#### - 1 . 3 . 1 : المقاومة :

1.3.1.01 : تحدد مقادير مقاومة التربة لإجهادات القص ، مدى نجاح التربة على تحمل الحمولات المفروضة دون إخفاق . إذ أن إخفاق التربة ، هو إشارة إلى ظاهرة حدوث سلسلة من الحركات العشوائية ضمن بنية التربة . يمكن أن تحدث أيضاً ، حركات محددة ضخمة جداً ، بحيث يصعب من الناحية العملية قبولها ، إلا أنها لا تعدُّ من الناحية التشريعية إخفاقاً . يوضح الشكل (2) - (1) ، الصيغة النموذجية لإخفاق تربة تقع أسفل كتلة تأسيسية محملة . يحدث التدفق اللدن ، عند تجاوز الإجهادات المتولدة ضمن التربة ، المقدار المحدد لمقاومة التربة لإجهادات القص . يمكننا استخدام أسلوب التحليل النظري ، لصياغة المعادلات اللازمة لمعرفة الطاقة التجميعية القصوى لجمال تأسيسية ، وذلك وفقاً لأبعادها ، لمقدار بعدها عن سطح الأرض ، وتبعاً لخصائص التربة المستندة



الشكل (2-1) : يظهر الشكل إخفاضاً للتربة الواقعة تحت أساس ضحل ، نتيجة تعرضها لقوى قص ، تفوق قدرتها على التحمل . في الأساسات العميقة ، تزايد مقاومة التربة لقوى القص ، خصوصاً في حال كان ارتفاع التربة ، يزيد عن ارتفاع قاعدة الأساس ، وتحوّل إلى مقاومة ذات شأن .

عليها . لقد قادت الخبرة العملية والتجارب المخبرية مؤخراً ، إلى تطوير وتحسين صيغ المعادلات هذه . يمكن أن تزداد بشكل فعلي ، الطاقة التجميعية للجملة التأسيسية العميقة ، نتيجة احتكاك أطرافها بحواف التربة . كما يمكن أن يرفع الاحتكاك هذا ، من درجة التماسك بالتراب المتناسكة .

1.3.1.02 - يمكن لتجارب التجميع والتجارب الأخرى التي تجري على أرض الموقع (خصوصاً تلك العائدة للأوتاد وفي الطبقة المزوجة) ، أن تُكْمِل أو تُحَلِّم عمل الحسابات النظرية . إنّ أكثر العوامل تحكُّماً بقيمة مقاومات التربة النظامية لإجهادات القص ، هي زاوية الاحتكاك الداخلية<sup>(1)</sup> ، والتي يرمز لها عادة بـ  $(\phi)$  ، والتي تعتمد بدورها بشكل كبير على درجة تراص جزيئات التربة الخشنة ، وعلى مدى التصاق الحبيبات مع بعضها البعض . يرمز لمقاومة التماسك لوحدة المساحة المعرضة لإجهاد القص بالرمز  $(C)$  . تُهْمَل قيمة مقاومة التماسك لمعظم حبيبات التربة الخشنة غير المتلاصقة ، لذا نفترض أنّ سلوكيّة التربة الغضارية ، هي مطابقة للتربة ذات الحبيبات الخشنة ، إن كانت زاوية احتكاكها مساوية للصفر . تندرج التربة التي تمتلك كلا الخاصيتين ، كالتربة الغرينيّة مثلاً ، تحت تصنيف التربة المتوسطة ، حيث يكون لكلا الرمزین  $(\phi, C)$  قيماً محدّدة . ترتبط الخاصيتين هاتين بالعلاقة التالية :

$$S = C + q_e \tan \phi$$

(المعادلة 1)

حيث  $S$ : تساوي قيمة مقاومة التربة لإجهادات القص .

$q_e$  = تساوي قيمة الضغط النظامي الفعّال المار عبر مستوى القص .  
يمكن لإجهاد التربة المحايد ، تخفيف قيمة  $(q_e)$  ، انظر الفقرة (1.4.1.01) . إنّ للعلاقة آنفة الذكر ، أهمية قصوى في قياس خصائص التربة ، وهذا ما سنلّمسه ونزيده تفصيلاً في الفصل الثاني إن شاء الله . لكن حتى وفي حال كانت التربة قادرة على تحمّل حولة معطاة دون إخفاق ، فإنّ لحركتها اللاحقة ، أهمية في هندسة الأساسات ، لما لها من تأثير على أي منشأة حاملة .  
- 2 . 3 . 1 : التشوهات .

- 1.3.2.01 : تنشوء كافة أنواع التربة ، تحت وطأة حولة مطبقة ، أو بسبب عوامل أخرى ؛ يمكن لها إحداث تغير ما في محتوى الفجوة . يمكن أن يحدث أيضاً ، تدفق شامل لجزيئات التربة ، لذا يمكن إدراج الأنواع المختلفة لتشوهات التربة ، ضمن التصنيف التالي :

أ - التشوّه المرن : يعدّ التشوّه هذا ، استجابة سريعة لتغيرات قيم الإجهاد . يتمثل التشوّه هذا ، بتشوّه يصيب بنية التربة ، حيث تنزع التربة إلى التضخم ، باتجاه عمودي على اتجاه الضغط المطبق . عندما يقل الضغط ، تتحرك التربة في الاتجاه المضاد .

ب - التشوّه اللدن : يعدّ التشوّه هذا أيضاً ، استجابة سريعة لتغيرات قيم الإجهاد ، ويتمثل بتدفق جزيئات التربة أو بإعادة توجيهها وفقاً لإتجاهات الإجهادات المتولدة . لا يمكن في حال حدوث تشوّه لدن ، تخفيف قيمة التشوّه الحاصل ، وإن أزيلت القوى المولدة للإجهادات .

ج - التشوّه الضاغط : يشير الإصطلاح هذا ، إلى سلوكية التربة حين تعرّضها لقوى ضاغطة ، كأن تتعرّض التربة لتأثيرات تؤدي إلى تقلص حجم الفجوات المحصورة ما بين جزيئات التربة ، والتي تستلزم كنتيجة ، طرد الهواء أو الماء المحصور ضمن الفجوات . يطرد الهواء بسرعة ، مما يدعو إلى تحرك التربة ، فور تطبيق القوى الضاغطة<sup>(\*)</sup> . إلّا أن حركة طرد المياه ، كما في التربة



الصلصالية «الغضارية» ؛ تتم ببطء شديد ، ويمكن لها أن تستمر لعدة سنين ، قبل أن تُستكمل بشكل تام ، استجابة لتأثير حمولة معطاة . يدعى انضغاط التربة الناشئ عن وزنها الذاتي ، أو عن حمولة مطبقة منقولة عن منشأة أو عن وزن الرديمات الإضافية ، بتناسك التربة<sup>(١)</sup> ؛ بينما يدعى الانضغاط الناشئ عن تعرض التربة لتأثيرات القوى الصادرة عن وسائل آلية بتراص التربة<sup>(٢)</sup> ، وهي تتعلق عادة فقط بظاهرة طرد الهواء . إن الحركة التي تفضي إلى تخفيض كمية الهواء داخل الفجوات ، هي حركة غير عكوسة ، ولا يمكن تجنب تأثيراتها ، حتى ولو أزيلت الحمولة . إلا أن الماء يمكن له العودة إلى مسام حبيبات التربة الناعمة ، عند انخفاض قيمة الضغط المطبق . يؤدي تدني الضغط المؤثر على التربة عن الحد المعياري ، كأن يزال عنها مثلاً الغطاء الصخري<sup>(٣)</sup> بالحفر ، إلى انتفاخ التربة ، وإلى زيادة حجمها عن الحد المعياري .

### - 3 . 3 . 1 : المبوط :

1.3.3.01 - : المبوط هو حركة التربة نحو الأسفل ، نتيجة تعرضها لحمولة ما ، نتيجة لظاهرة التماسك الطبيعي ، أو نتيجة لإنخفاض محتوى رطوبة التربة . كما يمكن أن يحدث المبوط ، نتيجة تدفق التربة ، بعيداً عن الموقع المتواجدة فيه أصلاً . تدعى حركة حبيبات التربة الناعمة المتجهة نحو الأعلى ، والتي سببها تدني الضغط المطبق أو تدفق الرطوبة لأي سبب كان ؛ بانتفاخ أو جیشان التربة ، وإن كانت العبارة الأخيرة ، هي الأكثر ضبطاً ، إن كان المقصود الدلالة على حركة باتجاه الأعلى ، ناشئة عن تدفق التربة نحو نقطة ما . يمكن أيضاً حدوث انتفاخ أو جیشان لتربة معينة ، حينما تتعرض تلك التربة ، لتمدد يصيب محتواها المائي استجابة للظروف الداعية إلى تجمد المياه داخل التربة . يمكن أن يتقلص حجم التربة ، بسبب ظروف مناخية تدعو إلى انتزاع المياه عنها ، وهو ما يدعي بانكماش التربة .

١ : تستغرق عملية الوصول بكتلة التربة ذات الحبيبات الخشنة ، إلى درجة التماسك التام ، فترة زمنية معقدة ، وذلك نتيجة لتأثيرات التزلازل التربة وارتفاع أو تنخفض الأجزاء للكتلة ، وبسبب التأثيرات الخارجية كالأمطار ، خصوصاً إن كثرت التسربات ضحلة.

## 4. 1. أساليب حساب إجهادات التربة والهبوطات الناشئة عن الحمولة :

1.4.0.01 : تحدث الهبوطات المحدودة ذات الشأن ، بما فيها الهبوطات السالبة أو جشان التربة ، بسبب تغيرات في حمولة التربة . غالباً ما تهمل الحركات الأفقية الناشئة عن الحمولة . أما حركات التربة الأخرى ، فهي حركات يصعب حسابها ، ونعتمد على الخبرة بالدرجة الأولى لتقدير قيمها . لا بد في البداية ، وقبل التعامل مع طرق حساب هبوطات التربة ، من التعرف على بعض الأفكار الرئيسية ، التي لها تطبيقات واسعة في النظريات الخاصة بهندسة التربة .

1. 4. 1. 1 : **تفريعات الإجهاد المحاييد:**

1.4.1.01 : بشكل عام ، إن شكل الماء المتواجد ضمن الفجوات أو مسام التربة ، وسطاً متصلاً ، فإن الماء بهذه الحالة ، باستطاعته تحمّل وزنه الذاتي ، وأيّ حمولات منقولة إليه بشكل مباشر ، وبالتالي يمكن لضغط الحبيبات الداخلية ، أو للضغط الفعّال الواقع ما بين جزيئات التربة<sup>(\*)</sup> ، تحمّل كافة الحمولات الأخرى . لهذا فإنّه في حال كان الإجهاد المحاييد عند نقطة معطاة تساوي (U) ، وكان ضغط التربة الفعّال مساوياً لـ (q<sub>e</sub>) ، كان :

$$q_e = q - U$$

المعادلة الثانية

حيث «q» : هو مقدار الضغط الكلي الناشئ عن كافة الحمولات الواقعة فوق النقطة المعطاة (بما فيها وزن الماء) . يدخل مقدار الضغط (q<sub>e</sub>) في حساب مقاومة التربة الفعّلية لقوى القص الإحتكاكية (انظر الفقرة 1.3.1.02) ، وفي حساب مقدار هبوط التربة . يمثّل الضغط هذا ، متوسط الضغط الواقع على مساحة من تربة ما ، بعد اقتطاع قيمة الضغط السكوني - السائلي<sup>(\*)</sup> الواقع ما بين جزيئات التربة .

\* : يستثناء ظروف شائعة محددة ، كالتي لا تنطبق فيها تطبيق للمعادلة (3) : نتيجة التفريعات الضمنية في درجة تقوية التربة ، أو بسبب حركة الماء .

1.4.1.02 - لكي يتم حساب المقدار (U) ، لا بدّ من معرفة منسوب النطاق المائي . تكون ظروف وحالات المياه الجوفية ، أكثر أو أقل استقراراً ، تبعاً لقدرة التربة على مقاومة تسرب المياه السطحية المتواجدة في الأعلى بشكل عرضي أو مؤقت . يمكن أثناء سبر الموقع ، معرفة منسوب النطاق المائي ، والذي يتمثل بمنسوب المياه الحرة الراكدة . لا تظهر في التربة الغضارية مياه حرة ، متجمعة ضمن حفر السبر الترابي ، ما لم نواجه صدوعاً أو طبقة نفوذة ، إلا أنّ الإجهاد المحايد يبقى موجوداً ، ويمكن قياسه . تحتاج المياه عند اختراق التربة ، إلى بعض الوقت لكي ترتفع إلى منسوب التوازن . إذا كان المقدار «Y» : يمثل كثافة المياه ، و(hw) : يمثل مقدار عمق نقطة معطاة ، واقعة تحت منسوب النطاق المائي ، كان المقدار :

$$U = Y_w \cdot h_w \quad \text{المعادلة الثالثة}$$

وذلك تحت اعتبارات ظروف مستقرة نسبياً .

يمكن أن يأخذ المقدار (U) قيماً سالبة ، إذا وقعت النقطة فوق منسوب النطاق المائي ، وذلك يتم إذا احتجزت الرطوبة بسبب ظاهرة الفعل الشعري<sup>(8)</sup> ؛ ضمن مسامات حبيبات التربة الناعمة غير المشبعة . لا تساهم المياه المحتجزة ، في تقليص الضغط الفعّال ، إلا أنّ وزنها يدخل في حساب قيمة الضغط الكلي «q» .

1.4.1.03 - تسبّب عادة الحمولة المطبقة على تربة مشبعة ، ارتفاعاً مؤقتاً في ضغط المياه ، داخل مسام التربة ، ولا يعود هذا الضغط إلى القيمة المتوازنة المنصوص عنها في المعادلة الثالثة ؛ إلى أن تستكمل عملية التماسك . تستغرق عملية استكمال تماسك التربة الغضارية ، وقتاً ليس باليسير .

1.4.1.04 - في حال كانت كامل المنشأة أو أجزاء منها تحت منسوب النطاق المائي ، أو كانت كامل الحمولة التأسيسية أو أجزاء منها تحت منسوب النطاق المائي ، فإنّ وزنها الفعّال على التربة الحاملة ، لا يبقى على ما هو عليه حقيقة ، إذ ينخفض بفعل النهوض الهيدروستاتي أو ما يدعى بالطفوئية<sup>(9)</sup> ، والذي يعادل في النهاية وزن الماء المزاح ، (برغم ذلك ينبغي إدخال وزن أيّ ماء محمول على المنشأة ضمن حساب الحمولة الكلية) . وبالطبع يُحمّل وزن التربة الكلي ، وزن الماء ، ووزن المنشأة في آخر المطاف ؛ على طبقة كتيمة تقع على عمق ما .



( $Y_{sat}$ ) : تساوي كثافة التربة المشبعة تماماً والواقعة تحت منسوب النطاق المائي .  
 $Y_{sub}$  : تساوي كثافة التربة المغمورة ذاتها (أي بمعنى أنها تساوي الكثافة الفعالة للتربة السفلية عند تلقي الحملية التقديرية) .  
 $Y_w$  : تساوي كثافة المياه .  
 $h$  : تساوي بُعد النقطة المعنية عن منسوب النطاق المائي ، انظر الشكل (1-3) .

يستخدم في الحساب ، المقادير الممثلة لمتوسط الكثافات ، إن اتصفت التربة بتباين أعماقها .

— 1.4.1.06 : بسبب صغر الحملية المطبقة على بنية التربة التحتية ، فإن التضاؤل الحاصل في الضغط الفعال بسبب وجود المياه ضمن المسامات ، لا يسبب فقط انخفاضاً في مقاومة التربة ، بل يؤثر سلباً أيضاً على استقرار التربة ، ويجعلها أكثر نزوعاً الى الهبوط . يمكن ان يؤدي أي انخفاض في منسوب المياه الجوفية ، الى هبوطات ضخمة ناشئة عن الزيادة الطارئة في الحملية الفعالة ، ويمكن لهذا الأمر أن يتفاقم سوءاً ، إن ترافق ذلك ايضاً بضياع طفوية أجزاء من منشأة المبنى . وبالعكس ، يتطلب أي ارتفاع يصيب منسوب المياه الجوفية ، التحقق فيما إذا كان ارتفاع المنسوب هذا ، لن يرافقه زيادة في الطفوية ، تزيد عن الحد الذي تبدأ فيه المنشأة بالتحول الى منشأة عائمة .

— 1.4.1.07 : يمكننا الآن تحديد وتعريف الضغط الناشئ عن الغطاء الصخري . إن الضغط الكلي الناشئ عن الغطاء الصخري « $P$ » ، هو الضغط الكلي الواقع على أي نقطة متواجدة في مستو أفقي . يساوي الضغط الكلي هذا : وزن طبقة التربة التي تعلو النقطة هذه ، مضافاً اليها وزن الماء المتواجد ضمن مساماتها ، ووزن أية اشغالات أو حمولات أية أعمال يمكن لها أن تستبقى على التربة ، قبل البدء في تنفيذ المبنى . تمثل قيمة الضغط الفعال للغطاء الصخري « $P_o$ » ، الضغط الواقع ما بين حبيبات التربة ، والمتوافقة مع قيمة الضغط الكلي للغطاء الصخري « $P$ » . وبذلك يمكننا كتابة العلاقة التالية :

$$P_o = P - U = P - Y_w \cdot h_w \quad \text{المعادلة السادسة}$$

في الحالة النموذجية ، يمكن حساب « $P_o$ » من المعادلة الرابعة ، والتحقق

من النتيجة بتطبيق المعادلة السادسة . يمكن إهمال قيمة الحد « $Y_w \cdot h_w$ » ، عند النقاط الواقعة فوق منسوب المياه الجوفية .

1.4.1.08 : يمكننا الآن استخدام ضغط التربة الكلي « $q$ » ، إذا أخذنا بعين الاعتبار ، أن قيمة الضغط في أي نقطة من نقاط المستوي تساوي « $q_e$ » . ستمثل قيمة الضغط الكلية الآن ، قيمة الضغط الإجمالي ، الواقع على المستوي الأفقي ، عند أي نقطة ، والناشئة ليس فقط عن ضغط الغطاء الصخري « $P$ » ، بل أيضاً عن حولة منشأة المبنى بالكامل ، وعن أي تغير يطرأ عليها ، نتيجة ممارسة بعض الأفعال ، كأعمال الحفر ، الردم ، أو نتيجة تبدل حجم ووزن المياه داخل مسامات التربة . أصبح من الواضح الآن ، أن الضغط الفعال الكلي المطابق « $q_e$ » يساوي :

$$q_e = q - Y_w \cdot h_w \quad \text{المعادلة السابعة}$$

حيث « $h_w$ » ، هو بعد النقطة المعنية ، عن المنسوب النهائي للمياه الجوفية .  
1.4.1.09 : وكتيجة طبيعية ، تعطى قيمة الزيادة في الضغط الكلي « $q_n$ » «الضغط الصافي» ، الناشئة عن أعمال تنفيذ المبنى ، من العلاقة التالية :

$$q_n = q - p \quad \text{المعادلة الثامنة}$$

وتكون الزيادة المطابقة في الضغط الفعال «الضغط الفعال الصافي» « $q_{ne}$ » تساوي :

$$q_{ne} = q_e - p_0 \quad \text{المعادلة التاسعة}$$

وذلك من المعادلتين السادسة والسابعة .  $= q - p - y_w (h_w - h_n)$  وذلك لإبراز تأثير التغيرات التي تصيب منسوب المياه الجوفية . يمكن تطبيق المعادلة الثامنة والتي تنص على أن :  $q_n = q - p$  ؛ فقط في حال لم يطرأ على منسوب المياه الجوفية ، أية تغيرات .

#### 1.4.2 : نمط تهوية وانتشار الإجهاد الهيكلي

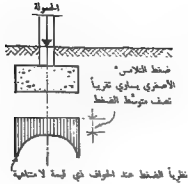
1.4.2.01 : عند تطبيق حولة ما ، تنشأ مجموعة متنوعة من الإجهادات داخل كتلة التربة . تتناقص مقادير الإجهادات هذه ، كلما ابتعدنا عن نقطة تطبيق الحولة . نكتسب الملاحظة السابقة أهميتها ، من كونها معياراً لمعرفة

مدى تأثير الإجهاد المتولد ، على مقدرة التربة على تلقي آمن لحمولة معطاة . تعدّ الحسابات المجرة لمعرفة قيمة الإجهاد ، بمثابة الإجراء الأولي الذي يمكن من خلاله تحديد الميوطات المحتملة ، الناتجة عن الحمولة المطبقة .

— 1.4.2.02 : عند حساب الإجهادات المتولدة عن حمولة مطبقة ، نبدأ عادة بتقدير ضغوط التلامس ما بين الأساسات ، والتربة الحاملة لها مباشرة . هذا ، ونتيجة لأن الأرض المستقرة ، غالباً ما تكون متوازنة في الحالة الطبيعية ، فإن الإجهادات المتواجدة قبل بدء التنفيذ إجمالاً ، ليست بذات بال . أما ضغوط التلامس (يعين مقدار الضغط الصافي من المعادلة الثامنة\*) ، وكذلك التغيرات التي تطرأ على الإجهادات أثناء وبعد عملية الإنشاء ، فلها أهمية قصوى . يكتسب التغير الذي يطرأ على الضغط الفعال أهمية (المعادلة التاسعة)؛ فقط إذا تبدل منسوب المياه الجوفية ، حيث يدخل الحد  $[Y_w(h_w - h_w)]$  بعين الاعتبار ، وتتحول الحمولة الى حمولة منتظمة . تعتمد طرق حساب الأوتاد ، وطرق حساب بعض الأساسات الأخرى ، على حساب الحمولة الصافية الإجمالية المطابقة لـ «q» ، مؤثرين ذلك على حساب إجهادات التلامس .

— 1.4.2.03 : إلا أن هناك بعض الصعوبات ، لا تلبث ان تطفو على السطح . أولاها أن ضغط التلامس الواقع تحت الأساس ، قلماً يتنظم . كما أن الإجهادات المتولدة ضمن كتلة تربة محملة بحمولة موزعة بانتظام ، هي إجهادات أضعف في الوسط ، منها عند الحواف ، ولهذا يتميز المظهر الجانبي لمخطط الميوط ، بشكل يشابه شكل الصحن . ذلك يعني انه حتى في حال كانت الحمولة المطبقة موزعة بانتظام فوق الأساس ، فإن قاعدة الأساس ستحفر لنفسها خندقاً عند حافتيها ، ما لم يكن الأساس بكامله مرناً . كما أن الضغط الطرقي ، هو أكبر من الضغط المتجه باتجاه وسط القاعدة ، انظر الشكل (4 - 1) ، باستثناء الأساسات الواقعة بالقرب من سطح تربة غير متساكنة . نعلم في الوصول الى الحل النهائي على معرفتنا لقيمة الحمولة ، وللصلابة النسبية للأساس والتربة .

\* : تدخل أيضاً حيز استكمال عملية التحليل وطريقة الأجل ، وحساب المقاومة الاحتمالية ، ضمن اعتبارات حساب الضغوط المتولدة الإجمالية.



الشكل (4-1) : يظهر الشكل توزيع الضغط تحت قاعدة مربعة الشكل ، مرتكزة على تربة مثالية المرونة .

• ضغط التماس : كمية الضغط التي تأتي بمجموعة التماسات متلامسة.

1.4.2.04 : إذا كان بالإمكان تحديد مقدار القساوة الإنشائية لمبنى ما ، كان بالإمكان تبني اعتبارات مشابهة ، يمكن تطبيقها على توزيع ردود فعل التربة الواقعة الى الأسفل منها ، وإن لم تكن مطبقة على أساس مفرد كالحصيرة<sup>(1)</sup> مثلاً . وبالمقابل ، ما لم تدخل اجراءات تحليل الأجزاء العلوية من المنشأة ضمن اعتبارات حساب هبوط الأساسات المستقلة ، فإن الحمولات لا يمكن تقديرها بالطريقة السابقة .

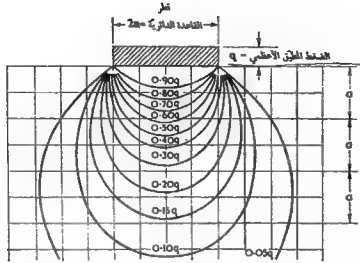
1.4.2.05 : يمكن لهذه العوامل ، تعقيد طرق حساب الحصائر ومنشآت الأبنية المحددة ، وستراعى عند مناقشة أساليب وطرق حساب الأساسات المركبة بواسطة الحاسوب . ومع ذلك ، تبقى تلك الحسابات كافية الدقة ، إن أجريت بهدف تحديد قيم الحمولات الواقعة على أساسات بسيطة ، وذلك بافتراض التوزيع المنتظم للضغط المطبق فوق مساحات التماس الفردية .

1.4.2.06 : إن المشكلة تكمن ، في إيجاد طريقة لتبسيط حساب الإجهادات الحقيقية ، عند نقاط مختلفة من سطح الأرض ، منتشرة فوق مساحات متعددة الخصائص ، وعلى مناسيب متفاوتة . تتغير الإجهادات باستمرار من نقطة الى أخرى ، حيث تتأثر قيمها بالخصائص النوعية لكل طبقة من طبقات التربة ، إلا في حال كان الضغط منتظماً فوق مساحة تمتد الى ما وراء النقاط ، التي نحن معنيون بتحديد قيم الإجهادات المتولدة ضمنها .

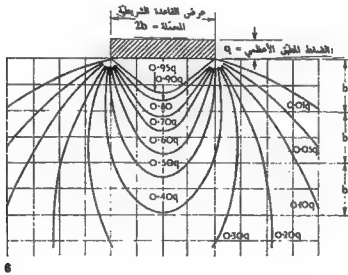


– 1.4.2.07 : إن الإجهاد والانفعال على سطح تربة ، هما مسألتان يتولى النظر فيهما عادة مهندس اختصاصي . إلا أنه في الحالات الصريحة ذات المعالم الواضحة ، حيث الأرض منتظمة بشكل مقبول ، تشير التجربة على إمكانية تبني شكل توزيع الإجهادات ، المستقى من نتائج معاملة التربة ، وكأنها جسم منتظم تام المرونة . تسمى الصيغة التي يتم بموجبها توزيع الإجهادات بمعادلة بوسينسك<sup>(2)</sup> ، حيث نفترض أن الحمولة مطبقة على السطح ، وأن التربة تمتد إلى عمق لا نهاية له . تصلح تلك المعادلة لحساب معظم الحالات المشابهة ، إلا أن هناك من طوّر تلك الصيغة ، لتصلح حتى للحمولات المطبقة تحت سطح الأرض ، ولتنسجم مع تربة ، يُفترض أن لها عميزات وخصائص أخرى . تصلح نظرية بوسينسك للدراسة سلوك تربة صلصالية «غضارية» ، أما في حال كانت التربة رملية ومبحصّة ، فإن التوزيع الجانبي للحمولة المركزة ، يبقى أقلّ مما هو عليه في الحالة الاعتيادية . يمكن أن نجد صيغ وجدداول لحساب توزيع الإجهاد حسب نظرية بوسينسك ، والناجمة عن حمولات مركزة وأخرى موزعة بانتظام ذات أشكال مختلفة ، في كتب متخصصة ككتاب «Tom.Linson» . تعالج الكتب هذه في المقام الأول ، توزيع الإجهادات الشاقولية ، وإن لم تغفل عن توزيع الإجهادات الأفقية وإجهادات القص .

– 1.4.2.08 : يوضّح الشكل (5-1) ، شكل توزيع الإجهادات الشاقولية الواقعة تحت مساحات دائرية لدنة محملة بحمولة موزعة بانتظام ، بينما يوضح الشكل (6-1) ، شكل توزيع الإجهادات الشاقولية الواقعة تحت شرائح مستمرة مركزة على سطح الأرض الطبيعية ، ومعرضة لحمولة موزعة بانتظام . تخرص الأساسات الصلبة على نشر الحمولة بعيداً عن جانبي الأساس . تنشأ عن الأساسات الشرائحية ، المستندة على قواعد متصلة ، إجهادات أكبر عند عمق ما معطى ، من تلك التي تنشأ عن أساسات مستندة على قواعد منفصلة . ولكن إذا لم تكن الأساسات المفردة ، بعيدة بمسافات كافية عن بعضها البعض ، فلا يمكن معالجتها كلّ على حدة ، إذ أن الإجهادات الناشئة عنها ، يمكن أن تتداخل تداخلاً ذي مغزى . تكبر المسافة الحرجة (التمثلة بعرض الأساس الأصغري) ، إن كان الأساس مستمراً ، بينما تصغر عندما يكون الأساس مفرداً .

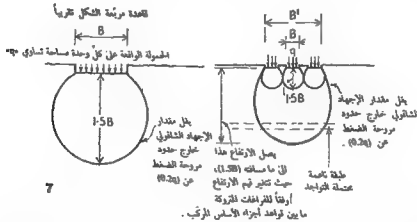


الشكل (5-1) : يظهر الشكل بصلات أو مروحيات الضغط ، المشكّلة تحت قاعدة محمّلة دائرية الشكل .



الشكل (5-6) : يظهر الشكل بصلات أو مروحيات الضغط ، المشكّلة تحت حمولات شريطية .

– 1.4.2.09 : تهمل الزيادة في إجهادات التربة ، إن كانت أقل من (20٪) من تلك المتولدة ضمن التربة الواقعة مباشرة أسفل الأساسات ، ولا تدخل عادة ضمن حساب عمق التربة ، المعتمدة في إجراءات الحساب .  
 يمكننا باستخدام نظرية بوسينسك ، إنشاء بصلة الضغط ، وهو شكل هندسي يحيط بكامل التربة ، التي تتولد فيها إجهادات ذات شأن . تستمر تأثيرات الأساس المنفرد ، الى عمق يساوي مرة ونصف المسافة المحددة لعرض الأساس ، انظر الشكل (7-1) . بينما تستمر تأثيرات الأساسات المستمرة ، الى عمق يساوي على الأقل ، ضعف عرض مجموعة الأساسات .



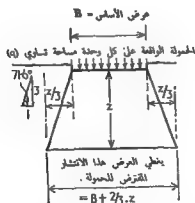
الشكل (7-1) : يظهر الشكل بصلة أو مروحة الضغط المنتشرة تحت قاعدة أساس مفرد .  
 الشكل (8-1) : يظهر الشكل بصلات أو مروحيات الضغط المنتشرة تحت قاعدة أساس مركب (متمدد الأجزاء) .

– 1.4.2.10 : تشير ضخامة بصلة الضغط ، الى السلوك المشترك لكامل مجموعة الأساسات والقواعد الملاصقة لها ، انظر الشكل (8-1) .  
 نكتسب الملاحظة هذه أهميتها ، عند دراسة سلوك حصرية أساسات مع مجموعة من الأساسات المنفردة الأخرى ، العائدة لأبنية محملة بحمولات ثقيلة ، وعند البت في عمق حفر التجاويف الخاصة بإجراءات سبر التربة . بشكل عام ، إن

تراصت الأساسات ، بحيث لم تعد هناك مسافات بينها تزيد عن ضعف أو ثلاثة أضعاف متوسط عرض الأساسات ، فإن العرض الإجمالي لمجموعة الأساسات ، هو الذي ينبغي إدخاله في الحساب ، عند تحديد عمق التربة ، التي من المفترض على المصمم إدخالها في الحساب والتقصي عنها . في حالة الأساسات الوتدية ، تدخل في الاعتبار كافة عروض الأوتاد ، وتقاس أعماق بصلات الضغط ، ابتداء من السطح السفلي للأوتاد المغروسة في الأماكن المقترحة .

1.4.2.11 - يمكن تبني تصوّر أولي ، لطريقة توزيع الإجهادات ضمن التربة ، أثناء اجراء الحسابات الأولية . ليتم لنا ذلك ، ينبغي ان نفترض ان انتشار الحمولات خلال التربة ، يتم بشكل مائل ، ويعدل انحراف عن الشاقول نسبة (1/3) ، انظر الشكل (9 - 1) . نلاحظ في الشكل ، انه في حال تواجد أساس مفرد مربع الشكل ، عرضه (B) ، وقيمة الضغط المطبق على واحدة المساحة (q) ، فإن القيمة الوسطية للضغط الشاقولي عند نقطة تبعد عن السطح السفلي للأساس بمسافة تساوي (Z) ، تحسب وفق العلاقة التالية :

$$q_0 \frac{B_0}{(B + 2Z/3)^2} = q_0 \frac{1}{1 + 4/3 (Z/B) + 4/9 (Z/B)^2}$$



الشكل (9 - 1) : يظهر الشكل طريقة نشر حمولة الأساس لإنجاز الحسابات التقريبية .

ومن أجل شريحة طويلة ومستمرة ، تتحول العلاقة لتصبح :

$$q \cdot \frac{B}{B + 2Z/3} = q \cdot \frac{1}{1 + 2Z/3} \cdot$$

نجد أن كلا الحالتين ، أقل الى حد ما ، من الرقمين في حدودهما القصوى ، والمستنتجين من علاقة بوسينسك (على خط محور الأساس) . ومن أجل قيم للنسبة (Z/B) ، تصل الى حوالي (0.75) ؛ تصبح العلاقة هذه أكثر دقة . تتناقص دقة العلاقة هذه كلما زادت قيمة نسبة (Z/B) عن القيمة المعيارية آتفة الذكر . وعند قيمة للنسبة تساوي (2) ؛ تصل المغالاة في التقدير الى حوالي (50%) من القيمة الدقيقة . تسم العلاقة هذه بالدقة شبه التامة ؛ في حال تطبيقها على تربة سائبة «غير متماسكة» .

### — 1.4.3 : حساب قيم المبوط :

— 1.4.3.01 : نادراً ما يطلب من المعاري ، دراسة وحساب قيمة هبوط التربة بشكل مفصل ، لذا سيكون ما ستتناوله هنا ، هي الأسس العامة فقط . ستدون الصيغة العامة لقيمة هبوط التربة مع دلالاتها ، عند دراسة طرق تصميم الأساسات في الكتاب المقبل .

— 1.4.3.02 : تستخدم نظرية بوسينسك عادة ، لحساب المبوطات المباشرة لتربة متماسكة ، حين تعرضها لحمولة مطبقة . تستخرج قيمة معامل المرونة «E» (معامل يونغ) ، إما من التجربة المباشرة أو تُستنتج من الخبرة الشخصية . كما سنحتاج لاستكمال الحساب ، الى معرفة قيمة نسبة بواستون (نسبة الإنفعال المستعرض الى الانفعال الشاقولي الأولي) ، وهي قيمة سنأخذها مساوية لـ (0,5) . تحسب قيمة المبوط مباشرة ، في حال كانت التربة متجانسة ، مستعنيين بذلك على معرفتنا لأبعاد الأساس ولقيمة الضغط الرموز لها في الصيغة العامة . يمكننا استخدام اسلوب «سترنر» «Stainbrenner» ، في حال اقتصار المبوط على طبقة محددة ، هي المعرضة للقوى الضاغطة . كما يمكن استخدام

الاسلوب هذا أيضاً ، في حساب الهبوطات التقريبية ، لعدد من الطبقات متباينة الخصائص ، وذلك بأخذ مجموع وفروقات أوضاع ستيرنو الملائمة لطبقات التربة يشق أنواعها . تتناقص قيم هبوط التربة طردياً مع عمق الأساس ، ويمكن لنا تقدير مقدار الانخفاض هذا ، باستخدام عوامل تصل بالقيم المقترحة في جداول «فوكس Fox» الى النصف . يمكن أيضاً استخدام عوامل التخفيض ، لتغطية التأثيرات الناشئة عن صلاحية الأساسات الضخمة .

— 1.4.3.03 : تقسم التربة الى طبقات ملائمة ، في حال تواجد عدد من الأساسات المنفصلة ، والواقعة على مستويات متباينة ، حيث يصار بعدئذ الى رصد تغيرات الإجهاد في وسط كل طبقة ، وذلك أسفل النقطة ، التي من المطلوب عندها حساب مقدار الهبوط . تعطينا الحسابات هذه ، الهبوط الحقيقي لكل طبقة . يستخدم هذا الاسلوب بشكل عام ، في التربة التي يحتاج تماسكها الى فترة طويلة ، أو في التربة السائبة «غير المتماسكة» .

— 1.4.3.04 : إن القيمة التقريبية للزمن اللازم لتصلب طبقة الصلصال هي ناتج جداء سماكة طبقة الصلصال في الزيادة الطارئة على الإجهاد الصافي «q» في معامل التقلص الحجمي « $M_v$ » ، الذي يمكن لنا معرفة قيمته ، من التجارب المجراة على التربة . تضرب القيمة بعدئذ ، بالعامل الجيولوجي « $\mu$ » ، والذي تتراوح قيمته ما بين (1.2 - 0.2) ، وذلك وفقاً لنوعية طبقة الصلصال ، وللحبة الجيولوجية التي بدأت عندها بالتشكّل . يتطلب وصول طبقة الصلصال الى درجة التماسك القصوى والمحسوسة بهذا الاسلوب ، زمناً طويلاً ونادراً ما يتصله ، ولهذا فإن (90٪) من هذه القيمة ، هي التي تدخل في الحسابات كإجراء عملي . يمكن أيضاً وبطريقة أخرى ، حساب الوقت اللازم لاستكمال عملية تماسك الطبقة الصلصالية ، أو الوصول بها الى أي درجة من درجات التماسك ، من خلال معرفتنا لقيمة معامل التماسك « $C_u$ » . تقدر قيمة مُعامل التماسك وفقاً لطول وطبيعة عمر التصريف الواصل ما بين مسامات طبقة الصلصال الواقعة تحت الحمولة مباشرة . من الصعب غالباً تحديد أطوال وطبيعة عمرات التصريف ، خصوصاً إن كانت هناك طبقات نفوذة ، وكانت هناك صدوع

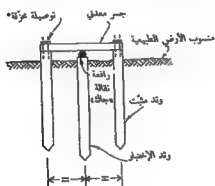
ضمن طبقة الصلصال ، أو في حال استخدام الأوتاد البيتونية (فالبيتون يتصرف بنفوذية نسبية لهذا النوع من حركة المياه) . لهذا يكون من المستحيل عملياً ، حساب نسبة التصلب بدقة ، ولا حتى بدرجات قريبة من الدقة . نعتد في حساب قيمة كل من « $M_p$  و  $C_p$ » ، على معرفتنا لمعدل الضغط الفعال في التربة ، حال تطبيق الحمولة . هذا يعني أنها يعتمدان على مقدار القيمة :

$$P_o + \frac{q_{mc}}{2}$$

— 1.4.3.05 : إن حساب قيمة هبوط تربة غير متساكة ، تحت تأثير حمولة مطبقة ، ولو كانت مباشرة ؛ هي عملية معقدة ، نتيجة لأن مُعامل مرونة الفعال ، غالباً ما يتزايد بزيادة عمق التربة . عندما يكون من الضروري ، التوصل الى حساب دقيق لقيمة الهبوط ، فإن الأسلوب الأمثل المتبع لتحقيق هذه الغاية ، هو تقسيم التربة الى عدد من الطبقات ذات الأبعاد المناسبة ، ومن ثم تحديد قيمة هبوط كل طبقة منها ، وفق صيغة رياضية ، تأخذ بحسابها سماكة الطبقة ، قيمة ثابت قابليتها للانضغاط « $C$ » ، قيمة الإجهاد الفعال الأولي « $P_o$ » ، ومقدار الزيادة الطارئة على قيمة الإجهاد « $q_{mc}$ » . تتحدد قيمة ثابت قابلية الانضغاط « $C$ » ، من خلال تجميع واستقراء نتائج تجارب الإختراق<sup>(١)</sup> ، أو بتقدير قيمتها استناداً للخبرة ووفقاً لمعرفتنا لقيمة الكثافة النسبية . هذا ، ولزيد من التفاصيل ، راجع كتاب تفاصيل الأساسات وطرق تجهيز مخططاتها ، والذي سنعه قريباً إن شاء الله .

— 1.4.3.06 : الأسلوب الآخر المتاح لتحديد قيمة هبوط تربة غير متساكة ، هو الأسلوب المعتمد على استقراء نتائج تجربة تحميل صفيحة موضعية<sup>(٢)</sup> . يمكن ان نحصل على قيم هبوط دقيقة الى حد ما ، من خلال تطبيق نظرية «Ter Zoghi» شبه التجريبية ، وذلك عن طريق استخراج قيمة مُعامل رد الفعل الثانوي ، وكذلك من «Ter Zoghi - Peck» التي تعتمد على الإستفادة من نتائج تجربة الإختراق الموضعي لتحديد الضغوط المسموح للتربة تحمّلها . تَقْرَضُ الضغوط هذه ، هبوطاً إجمالياً بمعد القيمة ومساوٍ لـ (25m.m) ، وبذا نكفل أن

لا تزيد قيمة الهبوطات المتباينة العائدة للأساسات المتلاصقة عن (75٪) من القيمة المحددة تلك . نعطينا الطريقة هذه ، في معظم الحالات ، نتائج معتدلة جداً ، وقريبة من الدقة . تعدُّ الطريقة المعتمدة على استقراء نتائج تجربة تحميل صفيحة موضعية ، من الطرق المكلفة مادياً ، وهي قادرة فقط على اختبار تربة يصل عمقها الى حد معين ، وهي بالتالي لا تستطيع تزويدنا بمعلومات وافية عن الهبوطات طويلة الأجل . ولكن في بعض الحالات (كحالة طبقة كثيرة المكونات أو كحالة طبقة مكونة من أحجار ضخمة أو من صخور مدورة ، تمنع نجاح استخدام اي شكل أو طريقة من طرق سبر التربة) ، نجد أن طريقة تحميل صفيحة موضعية ، هي الطريقة الوحيدة المتاحة أمامنا . تعدُّ الطريقة المعتمدة على تحميل التربة بمحمل الحمل المتوقع لها ان تحملها ، هي الطريقة الأكثر دقة والأمثل اسلوباً لتحديد الهبوط الفوري الذي مستعرض له ركيزة الإستناد ، انظر الشكل (10 - 1) ،



الشكل (10 - 1) : يوضح الشكل منظومة الأوتاد المثبتة بصوامل معدنية ، حيث يظهر على الشكل وتد الاختبار ذي المرفلح (Deck) ، والمفروس ضمن التربة .

• وصلة عزلة: تجمع جزئين أو أكثر بواسطة مسبار ملولب (مخزق) وصورة أو بواسطة فولب يمر خلال أحد الجزئين ويغلب في الجزء الآخر.

ولكن كما في كافة تجارب التحميل ، لا يعطينا الاسلوب هذا ، سوى إشارة بسيطة للهبوطات الناشئة عن تفاعل اجهادات التربة مع مجموعة الأساسات المتجاورة .  
- 1.4.3.07 : ينبغي أن ندخل في الحسبان ، التغيرات الفعالة للإجهاد ، الناشئة عن تطبيق حولات مغايرة للمألوف ، كالحصولات الناشئة عن إزالة الغطاء الصخري بالحفر ، عن الردم ، أو نتيجة التغيرات الطارئة على



منسوب المياه الجوفية. إذا أدت التغيرات كنتيجة نهائية، إلى خفض قيمة إجهاد التربة، آتخذ ينبغي في حال كانت التربة متهاسكة؛ مراعاة معاملات المرونة المناسبة وقيمة « $M_v$ » المستخدم لمعرفة مقدار انتفاخ التربة<sup>(17)</sup>، (لا يمكن عملياً تقدير قيمة انتفاخ تربة غير متهاسكة). تعتمد معرفتنا للمدى تماسك تربة الردمية، الناشئة عن وزنها الذاتي؛ على معرفتنا لتأثيرات مجموعة من العوامل وعلى رأسها، معرفتنا لدرجة التراص الأولية. يمكن بالإعتداد على الأسس التجريبية وأساليب الاختبار، التوصل بشكل أفضل، إلى معرفة كل من كمية ومعدل التماسك.

1.4.3.08 : تعتمد مجموعة أساليب الحساب المتنوعة هذه، على افتراض أن التربة تنحومنحنى السلوك المثالي؛ وأن خواص التربة، قد تختلف من نقطة إلى نقطة، ولكن ضمن حدود معطيات معينة، حددتها لنا اختبارات سبر التربة. لهذا فإن الحسابات المجراة لمعرفة قيم الهبوط، لن تعطينا سوى نتائج تقريبية (والأفضل أن نقول أن تلك القيم لا تتعدى دقتها (25%) من القيم الحقيقية). علاوة على ذلك، كثيراً ما نحتاج إلى التقديرات الأكثر يسراً، خصوصاً في حال رغب المصمم، في تحديد تأثيرات هبوط التربة على أجزاء المنشأة العلوية، على أجزاء المنشأة السفلية، على الملكيات المجاورة، على الطرق، وعلى المرافق العامة. لهذا تزايدت في الآونة الأخيرة، التوجهات نحو استنباط أساليب من شأنها جعل حسابات هبوط التربة، حسابات أكثر واقعية، وذلك بتعديل خصائص التربة المتحصلة من تجارب تجرى على نطاق ضيق، في ضوء سلوك التربة الملاحظ على نطاق واسع.

1.4.3.09 : يمكن أن يسبب هبوط الأساسات، تصدعات تصيب هيكل المنشأة، كما تصيب عناصر إكسائها. كما أن لهذه الهبوطات، تأثير على التصميم الإجمالي للمنشأة، وحتى على سلامة المبنى. لهذا يكون اهتمام المهندس الإنشائي، بفرق الهبوط ما بين الأساسات المتجاورة؛ أكثر من اهتمامه بمقادير الهبوط بقيمتها المطلقة. يمكن أن يكون منشأ فروقات الهبوط؛ خصائص المنشأة بما فيها الأساسات، مواصفات الحمولة المعرضة لها، وكذلك تنوع حالات وظروف التربة. ينبغي إدخال تأثيرات الحمولة في الحسبان، ولكن وفي حال عدم توفر

معلومات دقيقة عن ظروف الموقع ، يضطر المصمم إلى تخمين التأثيرات الناشئة عن ظروف التربة . يمكن أن تصل فروقات الهبوط في بعض الأحيان ، إلى ما يساوي نصف إلى ثلاثة أرباع قيمة الهبوط الأعظمي ؛ إلا أن إجراء حسابات أكثر دقة ، تمكّننا من تخفيض تلك النسبة إلى حدّ بعيد . من المفيد أحياناً ، تمثيل الهبوطات بنسب تدعى بالتشوهات الزاوية ، حيث يمثل على سبيل المثال ، فرق الهبوطات المساوي لـ (10 m.m) ، والحاصل على مسافة أفقية تمتد إلى (10 m) ؛ بتشوه زاوي يرمز له بـ (1/1000) .

1.4.3.10 : تختلف المراجع ودور الخبرة ، في تحديد مقدار التشوه الزاوي المسموح به لمبنى ما . تتراوح النسب المقترحة من المراجع والكتب المتخصصة من (1/100) للأطر المكشوفة ذات المواصفات المحددة ؛ إلى (1/1000) ، أو أقل لمنشآت تتصف بهشاشة المواد المستخدمة في إكسائها ، أو لتلك المحاوية على آلات ذات حساسية خاصة . قد نحتاج إلى وصلات إنشائية خاصة ، لتخفيض تأثير التباين في مقادير الهبوط . كما يمكن تقليص قيمة فروقات الهبوط إلى حدّها الأدنى ، عن طريق اختيار مناسب لنوعية الأساسات . عند البحث في احتمالات حالة معطاة ، لا بدّ من تحديد مقدار الحمولة التي يحتمل عندها ، حصول خطر أو تشوه ما .

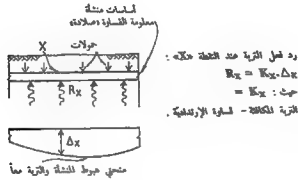
1.4.3.11 : تحصل عادة هبوطات تصيب أرض الموقع ، في نقاط تقع بعيداً عن مكان تواجد المبنى ، خصوصاً إن كانت أرض الموقع صلصالية البنية ، إذ يتطلب عندها الوصول إلى تربة صالحة للتأسيس ، حفر حفرة عميقة ، مما يستلزم توسيع عرض حفرة الأساس عن ما هو مطلوب لها ، وبالتالي نشوء زيادة في الضغط المطبق على الأرض المجاورة لحفرة الأساسات . تكتسب هذه الملاحظة أهميتها ، إذا كان انتشار الحمولات الثقيلة ، يتم على تربة أرضيات حاملة . إن الشكل هذا ، لا يتعدى كونه شكلاً آخر من أشكال الأساسات ، وأن احتمالات معرفة تأثير العمق الضخم للطبقة الناعمة في توجيه سلوكية التربة ، هي احتمالات متاحة .

#### - 1.4.4.4 نظم الحاسوب :

- 1.4.4.4.01 : يساعدنا تزويد الحاسب ببرامج مناسبة ، في تخفيض الجهد المبذول في تحديد كيفية انتشار الإجهادات ، وفي حساب قيم هبوط التربة . إلا أن الشيء الأكثر أهمية ، هو أننا نستطيع باستخدام الحاسب ، دمج سلوكية البنية الفوقية للمنشأة ، مع سلوكية البنية التحتية ، مع سلوكية الأساسات والتربة ، وبالتالي التوصل إلى تصوّر شامل للعلاقة الحقيقية الرابطة ما بين العناصر تلك . إن القدرة على الإحاطة بكافة جوانب سلوكية عناصر المنشأة ، بما فيها التربة الحاملة لها ، ما كان لها أن تتم ، لولا توفر التقنيات . قديماً ، كان يتم تصميم الأساسات المعقّدة ، من خلال إتباع طرق الحسابات التقريبية ، المستندة على جداول تمّ تنظيمها يدوياً ، اعتماداً على التجربة العملية ، مما أوقع التصميم في ورطة المغالاة في تقدير الأبعاد ، إذ غالباً ما يكون عامل الأمان في الكثير من الحالات ، ذي قيمة حقيقية ، تقل كثيراً عن ما يعتقده أو يخيّمه المصمّم . إننا نستطيع عن طريق الحاسوب ، التوصل إلى صيغة ، يمكنها إبطال العيب السابق ، وبالتالي إلى حسابات تميّز بدقّتها . إلا أنه ليس من الضروري دوماً ، إتجاه سلوك التحليل المتعدّد للمنشأة ، والتميّز بتعقّد مراحلها ، فهذا التحليل في الواقع ، لا نحتاجه إلا في الأبنية ذات الحمولات الثقيلة ، في المنشآت الصلدة ، المنشآت الممتدة ، وعندما تكون الأساسات مستمرة ، أو على شكل بلاطات حاملة ، سواء أكانت بأوتاد أو بدون أوتاد . كما يمكن استخدام أسلوب التحليل المتعدّد في حال تعرّض بنية المنشأة الفوقية لهبوطات متباينة ، وكذلك في بعض أشكال المنشآت البيتونية مسبقة الصب .

- 1.4.4.4.02 : تتلخّص المشكلة الأساسية ، في إيجاد طريقة للتوصل إلى وسيلة ، تجعل من شكل التشوّه النهائي الحاصل للمنشأة ككل بما فيها الأساسات ، مطابقاً لشكل التشوّه المحتمل للتربة الحاملة للمنشأة . وبناء على هذا ، يمكن أن تصبح المشكلة ، هي مشكلة تحديد قيم للفعل ورد الفعل ما بين الأساسات والتربة ، والتي يمكنها مع الحمولات المطبقة على المنشأة ؛ توليد تشوّهات متناغمة .

١.٤.٤.٠٣ : يتناول التحليل عنصرين مرتبطين بعلاقات تبادلية التأثير ، ألا وهما المنشأة والتربة . إن إحدى الطرق المتبعة لتبسيط أسلوب التحليل الإنشائي ، هي الطريقة المعتمدة على تقسيم الأساسات إلى عدد واف من العناصر ، كان تقسم على سبيل المثال ، إلى عدد من البلاطات التأسيسية صغيرة الأبعاد ، أو إلى عدد من الأوتاد ، أو القواعد المفردة . نعمل بعدئذ على تعيين سلوك هذا الجزء من الأساس ، وتحديد ما يتنبأه من تغيرات تحت تأثير حمولة تقع عليه ، ضمن الظروف الخاصة التي تتميز بها التربة الحاملة له ، وذلك وفقاً لأساليب الحسابات التقليدية المعتمدة في هندسة التربة . ينبغي عند إجراء



الشكل (١١-١) : يظهر الشكل أسلوب التحليل المتبع في الحاسوب ، والمعتمد على ارتدادية التربة المكافئة .

حسابات تحديد قيم هبوط العنصر ، مراعاة الحمولة الواقعة على كافة العناصر ، أنظر الشكل (١١-١) . قد يكون من الضروري إجراء عملية التقريب المتتالي ، للتوصل إلى القيم الدقيقة نسبياً ، تعد الطريقة هذه من الطرق المرنّة ، إذ تراعى في هذه الطريقة ، التغيرات الضخمة في طبقة التربة ، الظروف الإنشائية ، وظروف التحميل . كما تراعى فيها مجموعة من التعقيدات كانتفاخ التربة وتأثيرات

المياه ، وبذا نستطيع القول بأنها طريقة يمكن استخدامها ، لتحليل منشأة تتصف بضخامة مشاكلها .

1.4.4.04 : إن التصور الآخر الممكن لعملية التحليل الإنشائي ، هو الأسلوب المسمى بأسلوب «العنصر المحدد» ، حيث يقوم الإنشائي ، بتقسيم كتلة التربة والمنشأة جميعاً ، إلى أجزاء مناسبة ، ذات أبعاد صغيرة ، على أن يمتلك كل جزء من الأجزاء أو الأقسام هذه ، كافة الخصائص والمواصفات المعزوة إلى المنشأة والتربة معاً .

يجري بعد تحديد العناصر ، حساب التفاعل ما بين كافة العناصر تلك ، تحت وطأة نظام تحميلي معطى . إلا أن لهذا التصور سلبات عدة ، أهمها أن الزمن اللازم لتقييم الحاسب بالمعلومات ، هو زمن طويل نسبياً ، لذا وفي حال كانت المشاكل ضخمة ، فإن زمن التقييم يزداد ، وبالتالي تصبح العملية برمتها متعذرة التطبيق . إن الطريقة هذه نظرياً ، هي من أكثر الطرق دقة .

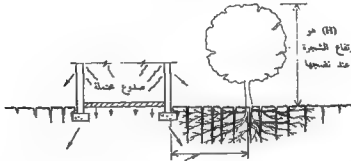
1.4.4.05 : يعتمد التحليل النظري لكل من المنشأة والتربة ، على دقة وصحة الافتراضات الأولية ، وذلك فيما يتعلق بتحديد الخصائص وسلوك الأنظمة والجمل المرتبطة بها . فيما يتعلق بالتربة بشكل خاص ، فإن الافتراضات غالباً ما تكون تقريبية ، لذا فإن الخبير فقط ، هو القادر عادة على إصدار حكم يمكن له فيه تحديد درجة دقة تلك الافتراضات ، وبالتالي يمكن له تحديد فيما إذا كان التحليل المجرى مقبولاً أم لا .

1.4.4.06 : في الختام ، نستطيع القول بأن كافة الطرق واساليب التحليل هذه ، يمكنها إعطاء نموذج المبوط ، خلال فترة محدّدة ، سواء أكانت طويلة أم قصيرة . تتضمن المعلومات ، التوزيع المثالي للإجهادات التربة أو الحمولات الواقعة تحت الأساسات ، وهي معلومات نستخدمها للتأكد من سلامة المنشأة . كما تتضمن المعلومات المستخلصة ، القوى أو الإجهادات المتولدة ضمن المنشأة . نستطيع من خلال عدد من البرامج المتاحة في الأسواق ، إنجاز التحليل الإنشائي . إلا أن استخدام الحاسب ، وبالتالي الاستفادة من البرامج هذه ، تحتاج إلى دراية خبير ومهارة في الاستخدام .

## 1.5 - حركات التربة الناشئة عن أسباب مغايبة للحمولة :

### 1.5.1 : الحركات الناشئة عن المياه ،

1.5.1.01 : تنشأ الحركات هذه ، بسبب التغيرات التي تطرأ على كمية المياه داخل الفراغات الواقعة ما بين جزيئات التربة ، وهي حركات لا علاقة لها بتبدل الإجهادات ، أنظر ذيل الفقرة (1. 2. 0. 01) . كما أشارت الفقرة (1. 3. 3. 01) في أجزاء منها ، إلى أنواع شائعة من الحركات هذه .



ينبغي أن لا يقل مسافة إبعاد الشجرة المقروءة عن أساسات المبنى ، عن ارتفاعها في وقت نضجها .  
ينبغي أن لا يقل مسافة إبعاد مجموعة من الأشجار عن أساسات المبنى ، عن مرة ونصف ارتفاع أعمدها

الشكل (1-12) : يظهر الشكل تأثير المبنى في الأساسات الضحلة ، على الطبقة الغضارية القابلة للتقلص ، والواقعة تحت سطح التربة مباشرة . تشير الأسهم إلى اتجاه حركة المنشأة ، حيث تمثل تلك الحركة ، على شكل شذوخ شد ، تظهر على سطح الأرض ، وبما أن التقلص داخل المبنى أقل شدة ، فإن تقلصات التربة كما نلاحظ ، تمتد عن مواقع الأساسات .

1.5.1.02 : تتعاضد تأثيرات هذه الحركات عموماً ، في حال كانت حبيبات التربة أكثر نعومة ، كما في حالي التربة الغضارية والغرينية . تقلص التربة عندما تجف ، وتنضخ حال ابتلالها ؛ وتعدُّ محصلة هذه الحركات ، بمثابة مصدر دائم للمتعاب ، خصوصاً إن كانت الأساسات ضحلة العمق ، ومستندة على تربة صلصالية ، أنظر الشكل (1-12) . وتبقى الحركات هذه مستمرة ، ما دامت محتويات التربة من الرطوبة ، تزيد عن حد التقلص .

1.5.1.03 : تلعب ظروف المناخ وطبيعة الحياة النباتية، الدور الرئيسي في توليد أمثال الحركة هذه ، وذلك في التربة القابلة للتقلص . يتمثل عامل المناخ ، بميل التربة القريبة من السطح نحو الجفاف أثناء فصل الصيف ، وبامتلائها بالماء ثانية أثناء الشتاء . إن مقدار الحركة المسموح بها ، يمكن أن يختلف من منطقة إلى أخرى ، إلا أنها في الكود البريطاني ، ينبغي أن لا تزيد شاقولياً ، عند السطح ، وفي منطقة خالية من النباتات ؛ عن (25 m.m) ، وينبغي أن تقل أقل من (6 m.m) ، على عمق (1.25m) . يمكن أن تسبب المياه في مناطق ما ، حركات أضخم . تعمل الأبنية بشكل عام ، على حماية التربة الواقعة تحتها ، لذا فإن حركة التربة تتعاضد ، كلما اتجهنا نحو محيط المبنى . تساهم المساحات المرصوفة في حماية التربة ، إلا أن فعالية مساهمتها تتوقف على أبعادها ودرجة نفوذيتها للمياه .

1.5.1.04 : تسبب جذور النباتات انتشار الحركات الناشئة عن الرطوبة ، إلا أن سعة الانتشار ، تختلف باختلاف نوعية الجذر . تستطيع جذور الشجيرات والأشجار الضخمة ؛ إبقاء التربة بحالة جفاف دائم ، ولعمق يصل إلى حوالي خمسة أمتار ، وذلك أثناء فصل الصيف ، بينما لا تستطيع فعل ذلك أثناء فصل الشتاء ، إلا إذا أحيطت الشجيرات والأشجار بكميات من العشب ، إذ بهذا يبقى سطح التربة جافاً ولعمق يصل إلى حوالي (2 m) . يمكن أن تسبب الأشجار الضخمة والنباتات الأخرى ، تغبرات في الرطوبة ، تؤدي إلى حركات سطحية شاقولية ، تصل إلى حوالي (100 m.m) .

1.5.1.05 : يمكن أن تقلص التربة شاقولياً وأفقياً ، حيث تعمل الإنهيارات السطحية الشاقولية ، على تحريك جدران المبنى باتجاه الخارج ، بعيداً عن المساحات الأكثر حماية ، وتزيد من نفوذية التربة ، بما يتيح من مسالك صالحة لعبور المياه . يمكن لهذه الظاهرة ، تليين وإضعاف الطبقة الغضارية ، الواقعة مقابل الأساسات ، كما يمكن لها إضعاف حتى الطبقة الغضارية الواقعة أسفل الأساسات ذات الأعماق الضحلة . إذا أزيلت الحياة النباتية ، فإن التربة الجافة ، تستعيد قدرتها على امتصاص المياه بالتدرج وبالتالي تنتفخ . إن كانت النباتات

عميقة الجذور ، فإنَّ الإنتفاخ الذي تسبَّبه ، يمكن أن يكون ضحياً ومستمرّاً على مدى عشر سنوات . يمكن أن يحدث انتفاخاً مائلاً ، لطبقات من التربة المحمَّية ، إن أزيلت حمايتها ، سواء أكان مايجمها أجزاء من المبنى أم مساحات مبلَّطة . إنَّ الضغط المتولَّد عن الإنتفاخ هذا ، من القوَّة بحيث يكون كافياً عادة لرفع المباني المشادة حديثاً .

1.5.1.06 : يمكن أن تسبَّب حركات كهذه ، تصدُّعات في المبنى ، ما لم تؤسَّس قواعدها على عمق مناسب ، وما لم تسند إلى تربة قادرة على تحمُّل أمثال التأثيرات هذه . تحدث سلسلة من الحركات ، سواء تواجدت الحياة النباتية أم أزيلت ، وسواء أكانت الأساسات عميقة ، أو اتَّخذ بشأنها الإحتياطات المناسبة ، والمساعدة على تقليص احتمالات الخطر إلى حدِّها الأدنى . فعلى سبيل المثال ، لا يمكن بحال قبول أساسات ضحلة العمق ، مستندة على تربة قابلة للإنكماش ، إن وجدت بقربها شجرة ، على بعد لا تزيد مسافته عن المسافة المحدَّدة لارتفاع الشجرة عند اكتمال نموها . كما لا يمكن قبول تلك الأساسات بمواصفاتها تلك ، إن كان بقربها صفّاً من الأشجار ، وعلى بعد لا تزيد مسافته عن مرَّة ونصف المسافة المحدَّدة لارتفاع أعلى شجرة في المجموعة ، أنظر الشكل (12 - 1) . بالمقابل لا يجوز زرع أشجار بالقرب من المبنى ، وعلى مدى امتداد المسافات المعيارية تلك . في حال هدم المباني أو إزالة الحياة النباتية من ضمن المسافات الحرجة تلك ، والواقعة ضمن المبنى المخطط ؛ يُتَّظر قليلاً قبل الشروع في إنشاء المبنى الجديد ، وذلك إلى أن تنتفخ التربة وتثبت على وضعها الجديد .

1.5.1.07 : تتوقَّف التصدُّعات خلال أشهر الشتاء ، سواء منها ما كان يحدث في المنشأة أم ضمن طبقات التربة . إلا أنَّ توقُّفها ليس تاماً ، إذ تتفاقم الحالة سوءاً وبالتدرُّج ، عاماً إثر عام . تتعرَّض الأرضيات المحمولة مباشرة على سطح التربة أيضاً ، لتأثيرات حركة التربة ، لذا لا يجوز أن تتاح الفرصة للمياه ، لكي تتجمَّع أثناء فترة الإنشاء ، إذ يسبَّب السماح لها بذلك ، انتفاخ التربة على المدى الطويل ، وبالتالي تحوُّل الأرضيات تحت ظروف خاصَّة ، إلى أرضيات معلَّقة . يمكن أن تسبَّب تجهيزات التدفئة ، تقلُّصات حرارية ، ناشئة



عن جفاف التربة ، خصوصاً إن لم يُعزَل سطح التربة بشكل كاف ، أو إن لم تزود الأرضية بفتحات جيدة للتهوية ، أو بأي نظام آخر ، يساعد على التبريد والتهوية .

**- الجيشان النافض . من التجمد :**

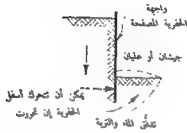
- 1.08.1.5 : هناك نوع آخر من الحركة ، تتولد عن المياه المتواجدة ما بين حبيبات التربة . تحدث أمثال هذه الحركة ، ضمن أنواع من التربة ، تسمح بدخول المياه إلى فجوات تتواجد ضمن الطبقة القابلة للتجمد ، وهي الطبقة المتواجدة عادة ، بالقرب من سطح الأرض . تبدأ المياه المتواجدة ما بين حبيبات تلك الطبقة بالتجمد التدريجي ، وبالتالي تأخذ سهاكة الجليد بالازدياد ، إلى أن تتميزق التربة ، نتيجة تمكّن الجليد ، من رفع الطبقة السطحية إلى ارتفاعات عالية . هناك أنواع من التربة ، تتصف بشدة تأثرها بالجيشان الناشئ عن التجمد ؛ ومن هذه الأنواع : الطفل ، الصلصال الرملي ، الطباشير والرمال شديدة النعومة . كما أنّ هناك أنواع من التربة ، تتصف بضعف تأثرها بظاهرة الجيشان الناشئ عن التجمد ، نذكر منها : التربة الغضارية وأنواعاً من التربة ذات التراكيب الحشنة . كما ينبغي الانتباه ، إلى أنه يمكن للمياه الجوفية ، أن تتواجد أحياناً ، على منسوب قريب من العمق الذي تستطيع الحرارة المنخفضة الوصول إليه . تنص تعليمات الكود البريطاني ، على ضرورة عدم استخدام المواد سريعة التأثير بظاهرة الجيشان الناشئ عن التجمد ؛ في المنطقة الواقعة تحت الأساسات أو البلاطات التأسيسية . يعدّ الإمتناع عن استخدام مواد قابلة لإحداث ظاهرة التجمد ، ضمن المسافة المحصورة ما بين سطح الأرض ، وبين الطبقة الواقعة على عمق (500 m.m) ؛ إجراء كافياً لحماية المنشأة من الأضرار المتولدة عن ظاهرة الجيشان الناشئ عن التجمد . هذا ، ومهما كانت نوعية التربة ، فلا خوف على المبنى من ظاهرة الجيشان الناشئ عن التجمد ، إن كان المبنى مدقاً وذو حرارة داخلية معتدلة ؛ بينما قد تصل تأثيرات ظاهرة الجيشان الناشئ عن التجمد إلى عمق ضخّم ، في المباني المخصصة كمستودعات تبريد أو ماشابهها ، مما يستلزم اتخاذ احتياطات أكثر صرامة . يمكن أن تصل مقادير

الجيشان في حالات كهذه ، إلى كميات ضخمة ، كما يمكن أن تستمر وتزداد مقاديرها على مرّ السنين ، لهذا لا بدّ من استخدام عازل خاص ، أو العمل على اتّخاذ إجراءات من شأنها تدفئة الأرض . هذا ، وليكن معلوماً ، أنّ إجراءات كهذه ، هي إجراءات معقّدة ، ولا بدّ لضمان حسن تنفيذها ، من استشارة خبير . لتوضيح خطورة ما يمكن أن يحدث ، نبيّن ما يمكن أن ينشأ عن ظاهرة ما يسمّى بغليان الجليد ، وهي ظاهرة تتمثّل بذوبان التربة المجاشة ، المترافق بتحرّر كميات ضخمة من المياه .

1.5.1.09 : يمكن أن يتحرّك الماء ، عبر تربة ذات حبيبات خشنة ، بسرعة أكبر مما هو عليه الحال ، فيما لو كانت التربة مؤلّفة من مواد ذات حبيبات أنعم . يمكن أن تحرّ الظاهرة هذه مشاكل إضافية ، حيث أنّ تربة كهذه ، ذات حبيبات خشنة ، يسبّب فيها تدفّق المياه السطحيّة ، أو تسيل المياه الجوفيّة الناشئة عن الحفريات ، الضخ ، المعالم الطبوغرافيّة ، الطوفان ، أو حتى الارتشاح من المجاريير وخطوط المياه الرئيسيّة ؛ ضياعاً في التربة . تُكشّط الجزئيات الناعمة من المادّة الأساسيّة ، المتدرّجة بشكل حسن ، بينما نهجر المواد الرملية الكثيفة والبحص ، تاركة المادّة الخشنة في حالة قلقة . بالمقابل يمكن أن ترتفع قيمة الضغط المحايد ، لكي يتسبّى التغلّب على الضغط العام الحاصل ما بين جزئيات التربة ، خصوصاً إن كانت التربة رخوة ، ولم تتعرّض لرصّ كاف ، وكانت حبيباتها ناعمة ورمليها غير منتظم . تصل التربة إلى مثل هذه الحالة ، نتيجة اعتماد طريقة الصدم أو الهز في إنجاز عمليّة تحقيق التماسك . ينشأ عن ما سبق ، فقدان التربة لقدرتها على مقاومة قوى القص ، ووصولها إلى حالة تعرف بالوعث ، (وهو نوع من الرمل اللين تغيب فيه الأقدام) .

هناك ظاهرة مماثلة تدعى الفجوة الأنوبيّة أو الغليان ، وهي ظاهرة تتمثّل بارتفاع التربة الناشئة عن تحرّك ارتشاحي ضخم للمياه الجوفيّة ، ضمن أسفل الحفريّة ، أنظر الشكل (13 - 1) .

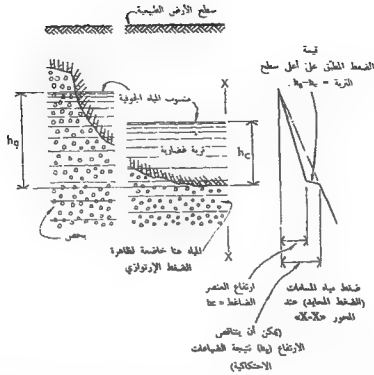
10. 1. 5. 1 : تحدث مشكلة لها علاقة بما ذكرنا سابقاً، في حال احتوت تربة منخفضة النفوذية، طبقة ترابية أكثر نفوذية، كحواجز الرمل في تربة صلبة. يستطيع بعدئذ ضغط المياه المحتبس في الرمل، رفع وزن كل من الصلصال والماء المجمع فوقه، مما يسبب عوم الصلصال أو جيشانه. تحجز المياه، ويصل ضغطها إلى مستويات غير مألوفة. إن وصل الحال إلى تلك الحالة، نقول بأن ما وصلنا إليه هو الحالة الاتوازية، أنظر الشكل (14 - 1)، وأنّ التغير المفاجيء في نفوذية التربة، هو المسؤول عن انحراف العلاقة الخطية النظامية، الرابطة ما بين الضغط وعمق التربة.



الشكل (13 - 1) : يفضي جيشان تربة أسفل الحفرية، إلى ما يسمى بالفجوة الأنبوبية\* (حيث يتدفق الرمل والغرين)، وبالتالي إلى إخماق التربة الناعمة، وعجزها عن تحمل قوى القصر، أنظر أيضاً الفقرة (1.5.2.15)

## 1.5.2 : المعصكات الأرضية :

1.5.2.01 : تُعامل هبوطات أي تربة (وكذلك انتفاخ التربة الغضارية) ؛ الناشئة عن تغيرات عامة، تصيب منسوب المياه الجوفية ؛ معاملة الحركات الناشئة عن الحمولة. قد تتشكل العديد من الحركات الضخمة الأخرى، مصدرها رئيسياً لعدم استقرار المنشأة، كما قد تكون من نواح أخرى، مدعاة لقوة وثبات التربة. يمكن أن تظهر حركات كهذه، كرد فعل لظاهرة طبيعية أو اصطناعية. هذا، وستتناول في هذه الفقرة، بعضاً من تلك الظواهر.



الشكل (14 - 1) : يظهر الشكل توضيحاً لظاهرة الضغط الإرتوازي .

#### المكة القليلة من الزلازل :

1.5.2.02 : تسبب الزلازل أنواعاً مختلفة من الحركات النموذجية في القشرة الأرضية ، وتلك بدورها تسبب اهتزازات حادة . تعدد قدرة الموجات الطويلة ، على الانتقال على طول سطح الأرض ، بسرعة تتراوح ما بين (3- 4Km/S) ؛ هي المسؤولة عن معظم الكوارث الناجمة عن الزلازل . تقاس عظم الهزة عادة ، عند موقع معطى ، بالقيمة المحددة للتسارع ، وتلك تختلف وفقاً لصرامة الهزة ، والتي قد تصل إلى ما يزيد عن (5000 m.m/S/S) ، مما يعني أن تسارع الهزة ، يمكن أن تصل قيمه الى ما يزيد عن نصف التسارع الناشئ عن

الجابيّة الأرضيّة. إنّ طريقة تصميم منشآت على مساحات عرضة للهزّات الأرضيّة ، هي مسألة تهمُّ فقط الاختصاصيين في هذا الحقل من الانشاء . كما أنّ الإحترازاات الضرورية ، المتعلّقة بالتصميم العام وتصميم البنية الفوقيّة ، غالباً ما نراها مدونة ومغطاة بالتعليقات المحليّة والكودات الوطنيّة . تهتمّ التعليقات المحليّة ، في وصف القوى الجانيّة (التسارعات) ، وفي تبيان الطرق الكفيلة برفع قدرة المنشأة على مقاومتها .

- 1.5.2.03 : ينحصر الهدف العام ، في السعي وراء تقليص الأخطار الناشئة عن الزلازل الى حدّها الأدنى ، ويتم لنا ذلك بتقييد إتّساع الإهتزازات الإنشائيّة ، وتحديد تفاوت تأثير الزلازل على الأجزاء المترابطة . لهذا ينبغي أن تتّبع البساطة في تصميم المنشآت وأساساتها ، وأن يتحقّق من خلال التصميم ، التلاحم الجيّد ما بين المنشأة وقاعدتها .

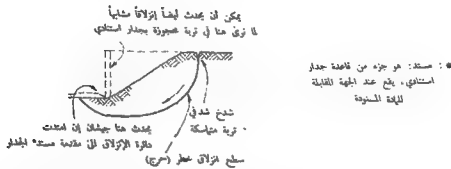
- 1.5.2.04 : يمكن أن تكون الأساسات الوتديّة بشكل خاص ، عرضة أكثر من غيرها لأخطار الزلازل . تتعاظم تأثيرات الزلازل ، إن أنصفت التربة المحليّة بضعف ما ، كأن تتّصف صخور الطبقة السفليّة ببعض المعايير ، وعندها يمكن أن تحدث حركات ضخمة ، كالإهتزازات الصخرية . يمكن أن تحدث الحركات الناشئة عن الزلازل في أيّ اتجاه .

- **المسكة الناشئة من الإنزلاقات والانهيارات التباينية :**

- 1.5.2.05 : تعتمد امكانية حدوث انهيار جانبي للتربة على السيات الجيولوجيّة للتربة المحليّة؛ إذ تهيم الجروف ، المقاطع شديدة الإنحدار، وأنواع المنحدرات الأخرى؛ الظروف المناسبة لحدوث إنزلاقات خطيرة ، خصوصاً إن توافقت بظاهرة التعرية ، أو وجّدت متوالية ، مستويات تربيّة ضعيفة . يمكن أن يحدث في ردم ترابي (طبيعي أو اصطناعي) ؛ إنزلاقات دورانيّة جوفيّة ، أنظر الشكل (15 - 1) ، خصوصاً إن كانت التربة متماسكة ، وكانت مقاومتها لقوى القص ضعيفة . يمكننا بشكل نظري ، تحليل خطورة النوع هذا من الإنزلاقات .

- 1.5.2.06 : يمكن للتربة ذات السطوح الناعمة ، أن تدب زاحفة ببطء، إن زاد ميل زاوية انحدارها عن (1/10) . يمكن أن تصبح حركات كهذه

أكثر وضوحاً، عند الجروف أو الأراضي الجرداء (الخالية من الأشجار). يمكن أن يحدث الشيء ذاته ، إن غاصت طبقة صخرية ضمن سطح ترابي ، حيث تضعف المستويات الطباقية<sup>(15)</sup> ، وتنزلق بفعل المياه . يمكن للأعمال الإنشائية ، خصوصاً إن تعارض تنفيذها مع ضرورات تحقيق ميول طبيعية لشبكة التصريف الصحي ، أن تزيد من تقلبات ميول التربة ، لذا كان من الأفضل في حال الشك ؛ تجنب البناء على مساحات كهذه .

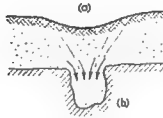


الشكل (15 - 1) : يظهر الشكل إنزلاقاً دورانياً نموذجياً لجرف ترابي . يشكل سطح الإنزلاق الخطر ما يشبه الدائرة ، حيث تزيد قيمة عزم كتلة التربة حول محور الدوران ، كثيراً عن قيمة عزم مقاومة القوس السطحي .

#### - حفر الإزدياد :

٦.5.2.07 - حفر الإزدياد أو الحفر الغائرة ، هي عبارة عن تجاوزات نتجت عن فعل المياه ، المتمثل بعملية الحت والتآكل ، داخل أحجار الكلس أو الطباشير . يمكن أن تدم الطبقة الحاوية لهذه التجاويف فيما بعد ، بطبقة تغطية أخرى . قد تكون الطبقة الحاوية على حفر الإزدياد على عمق ضخم ، كما قد تكون متوالية وراء التربة السطحية ، إلا أنّ ضعف التربة السطحية ، وبالتالي انهيارها ، سيكشف لنا عن وجودها ، أنظر الشكل (16 - 1) . غالباً ما تستخدم في أعمال الردم ، مواداً «غير ملينة» ، بمعنى أن تكون المادة الترابية المستخدمة في

الردم، مادة ناعمة نسبياً أو رخوة، وبالتالي فهي عرضة مستقبلاً لانخسافات مفاجئة . من الممكن تحسир حفر الإزدرد الفردية ، وفي حال كانت حفر الإزدرد هذه عريضة ، أو كانت المسافات التي تفصل بينها ، مسافات صغيرة نسبياً ، فإنه يصبح من المستحسن الإبتعاد عنها ، والتفكير في موقع آخر أكثر صلاحية .



الشكل (16 - 1) : يظهر الشكل رسماً توضيحياً لإحدى حُفر الإزدرد .  
 الشكل (16 - 1 - أ) : يظهر الشكل انخسافاً سطحياً ناشئاً عن انهيار التربة ضمن فجوة جوفية .  
 الشكل (16 - 1 - ب) : يظهر الشكل فجوة تكوّنت بفعل المياه في طبقة طيشورية أو في طبقة مكوّنة من الحجر الكلسي .

#### - الانخساف التصيني -

- 1.5.2.08 : يمكن أن يحدث هبوطاً سطحياً مشابهاً لذلك الذي يحدث في حال تواجد حفر الإزدرد ، إن جرت على الموقع ، أعمال استخراج المعادن من باطن الأرض . في حال كان الموقع المختار للبناء ، عرضة لأعمال منجمية ، أو عرضة لأن تستخرج المعادن من باطنه مستقبلاً ، فلا بدّ من استشارة مهندس مختص بأمور المناجم ، لكي يحدّد ماهية وحجم الأخطار الناجمة عن عدم ثبات التربة السطحية . هذا ، وفي كلّ الأحوال ، لا بدّ من عمل بعض السور النوعية الخاصة ، في الأماكن التي يشك أنها كانت يوماً منتجاً لاستخراج المعادن .

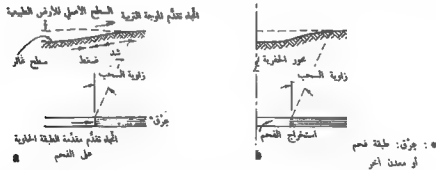
1.5.2.09 : تُستكمل كافة الانخفاضات السطحية الأولية ، الناشئة

عن انهيار سقف الحفریات المنجمية ، كما في حالة مناجم استخراج الفحم ، فور إيقاف أعمال الاستخراج في المنطقة المعنية . إلا أن أساليب الحفر القديمة ، المعتمدة على حقن تربة ومواد ردمية ، من خلال فتحة الدخول ، لتحل محل الفحم المستخرج ، والتي يمكن أن تزال فيما بعد ، جزئياً أو كلياً ، هي التي يمكن أن تسبب مبدئياً ، هبوطاً في الطبقة السطحية ، يتصف بأنه شاذ ومتخالف على نحو ما ، إضافة إلى أن هذه الأساليب ، هي السبب في التعرض طويل الأجل ، لأنواع متعددة من أخطار عدم ثبات التربة .

1.5.2.10 : تعدُّ نثرات الإجهاد الناشئة عن تواجد بناء جديد على سطح التربة ، كافية لسحق أسقف سرايب المناجم ، وإن لم يصل الأمر إلى حدِّ الإهيار الشامل أو السحق التام للدعامات الحاملة . هذا ، ولا جرم أن احتمالات خطر الانخفاض المفصلي إلى تدهور أعمال الحفریات القديمة تبقى قائمة ؛ وإن كان الغطاء الصخري كافياً لمنع الإهيار الشامل . يمكن أن تحدث ظاهرة انخفاض التربة ، كمحصلة لفعل المياه الجوفية في التربة ، أو كنتيجة لمتابعة استخراج المعادن من عروق<sup>(١٧)</sup> أخرى . تتصف الانخفاضات هذه بأنها موضعية ، خصوصاً وأنها تأخذ شكل المنخفضات السطحية ، المشابهة لحفر الإزرداد . يمكن تقليص حجم الأخطار الناشئة عن الحفریات القديمة ، الواقعة أسفل البناء المقترح ، بإنشاء أساسات مجسرة عالية المنسوب ، خصوصاً على المساحات التي تتعاطم فيها احتمالات التعرض للإهيار ، أو تصبح فيها بحكم المؤكد . كما يمكن رفع كفاءة التربة ، بإنشاء الركائز والأوتاد ، والتي تقع على عاتقها ، نقل حمولة المبنى ، إلى منسوب يقع تحت منسوب التربة المشكوك بكفاءتها ، مع الأخذ بعين الاعتبار ، ضرورة إتخاذ الحيطه ، لمقاومة إجهادات القص الأفقية ، وقوى السحب الشاقولية المتجهة نحو الأسفل ، والتي يمكن لها أن تتولد مستقبلاً . يمكن اعتبار محاولة ردم الحفر وفتحات المناجم القديمة ، عن طريق الحقن من السطح بمواد مناسبة ؛ واحدة من المحاولات الاقتصادية .



1.5.2.11 : يستخرج الفحم في هذه الأيام عادة، عن طريق التقدم المتواصل للوجه الطويل، أو ميسمى بنظام الواجهة الطويلة<sup>(1)</sup>. غلأ الفجوة الناتجة، إلى درجة ما بمواد مهملة، وكما يمكن للدعامات أن تزال أو تسحق، كذلك يمكن للتربة أن تغور، وللسقف أن ينسف، ويتم كلا الأمرين معاً وبشكل تدريجي. إن حركة سطح التربة، هي حركة توجيية، تتقدم مع تقدم مقدمة طبقة الفحم. تتحذب التربة الواقعة في مقدمة الموجة، معرضة بذلك التربة لإجهادات شد أفقية، بينما تتقعر التربة الواقعة خلف الموجة، معرضة بذلك التربة لإجهادات ضغط. تظهر حالات مشابهة، إلى القرب من حواف الواجهة، أنظر الشكل (17 - 1). يظهر الشكل آف الذكر أيضاً، زاوية السحب<sup>(2)</sup> الفعالة والمساوية عادة لـ  $35^\circ$ . وهكذا تكون الأبنية المشادة فوق منطقة موجة انخسافية؛ أبنية معرضة لحركات أرضية أفقية مشابهة لحركة تلك الموجة، وإلى حركات تؤدي إلى قلب التربة، وأخرى شاقولية.



الشكل (17 - 1) : يظهر الشكل حركة الأرض الطبيعية نتيجة تطبيق نظام الواجهات الطويلة في استخراج الفحم.

الشكل (17 - 1 - أ) : يظهر الشكل مقطعاً موازياً لجهة الدفع الأمامي.

الشكل (17 - 1 - ب) : يظهر الشكل مقطعاً موازياً لواجهة التشغيل.

1.5.2.12 : تتبع لتقليص حجم الأخطار إلى حدّها الأدنى، مبادئ التصميم الإنشائي المتصفة بالمرونة، حيث تصمّم المنشآت، بما فيها المنشآت المصنّعة، إما على شكل أطر مفصلية<sup>(3)</sup>، مركزة على بلاطات

سطحية ، لمقاومة الإنفعالات الأفقية ؛ أو على شكل منشآت ضخمة ، مقسمة إنزلاقياً إلى وحدات مستقلة ، تفصل فيما بينها فجوات ضخمة حسنة التفاصيل . يمكن أيضاً استخدام أسلوب الروافع لتقليص حجم الأخطار ، حيث ترتب المنشآت على روافع تقاليدية «جاكات» ، لضبط تفاوتات الهبوط ، وإعادة الأمر الى وضع الإستقرار المتوازن . كما يمكن تسليح وربط المنشآت ، بما يتوافق مع متطلبات تجنب الهبوطات الخطرة ، الضارة بمتانة المنشأة . ينبغي ضمن هذه الظروف ، الإمتناع عن استخدام عناصر الإكساء الهشة ، كما ينبغي اختيار العناصر المكونة لشبكة المرافق العامة ، والممتدة ضمن أرض الموقع ، من تلك المتصفة بالمرونة . يعدّ استخدام البلاطات الصلدة مزدوجة التسليح ، كعناصر تأسيسية ، من الأمور المكلفة ، لذا لا تستخدم إلا في المنشآت الهامة والهامة جداً . تتوقف كافة الحركات ، حال مرور الموجة ، واجتيازها لحدود المنشأة ، وبالتالي فإنّ بعضاً من التأثيرات المشاهدة على المبنى ، لا تلبث أن تتلاشى . - 1.5.2.13 : لا تقتصر تأثيرات الإنخساف التدريجي ، على تلك المؤثرة على الأبنية بشكل مباشر ، بل تتعدى ذلك أيضاً ، لتسبب حركات أخرى ، من شأنها إعاقة الإنسياب الطبيعي لشبكة مياه المجاري ، وإرباك الظروف الطبيعية ، التي تكون عليها المياه الجوفية . يمكن للخبر عادة ، التنبؤ بطبيعة الحركة السطحية المحتملة ، والناشئة عن الإنخساف الحاصل في باطن الأرض . تزيد حفريات استخراج الفحم ، المنفذة في نفس الوقت ، أو في وقت لاحق ؛ الأمور تعقيداً ، كما يساهم تواجد الصدوع الجيولوجية ، إلى القرب من مكان تواجد المبنى ؛ في تفاقم الحركة ، وجعلها أكثر خطورة . تصل مسافة الإنخساف الشاقولي عند السطح ، إلى عدّة مئات من المليمترات . - 1.5.2.14 : يعدّ من المستحيل عملياً ، القضاء قضاء مبرماً ، على كافة الأخطار الناجمة عن حفريات تقام في جوف التربة ، وبالتالي تجنب تأثيراتها على المبنى . إنّ كل ما نستطيع عمله ، هو اختيار الحلّ الأمثل ، من ضمن مجموعة من الإحترازات المتاحة ، والتي بمقدورها تقليص حجم الأخطار وتأثيراتها إلى حدّها الأدنى ، مع مراعاة الناحية الاقتصادية .

#### ـ حكة التربة الناتجة عن أسباب شتى ،

ـ 1.5.2.15 : جيشان التربة الناجم عن أسباب تتعلق ما تسببه المياه ، هي واحدة من الحركات الأخرى ، التي تعدُّ أقلَّ أهميةً من تلك الحركات الناتجة عن أسباب نوّه عنها آنفاً . يمكن أن تنشأ هذه الحركة ، على أتردق أوتاد في التربة ، أو نتيجة لحصول حركة ضمن المنطقة الواقعة أسفل الحفرة ، ناشئة عن قصور التربة وعجزها عن تحمّل إجهادات القص . تترافق الحركة هذه عادة ، بهبوط متجانس لأطراف التربة الخارجية ، وهو هبوط يحدث أيضاً ، إن سمح لجوانب الحفرة ، بالتحرك نحو الداخل ، أنظر الشكل (13 - 1) ، بسبب تعرض التربة للإهتزاز، تراص جزئيات التربة الرملية ، أو المكوّنة من الحصى الرملّي ، خصوصاً إن كانت تلك الجزئيات ، في حالة سائبة ، أو إذا كان تردّد الموجة الإهتزازية المعرّضة لها التربة ، يتراوح ما بين (2500 - 500) سايكل في الدقيقة ، أي ما يعادل حوالي (40 - 8) هرتز .

## فصل الأول

- 1 - جلمود : كتلة صخرية هذبت واستداوت بالبلل وقطرها يزيد على (255m.m) .
- 2 - غرين أو طمي : كسارة أو حثات صخري أو معدني في التربة ، يتراوح حجم حبيته بين (0.002m.m و 0.05m.m) ، أي أدق من الرمل الدقيق وأغلظ من الصلصال الغليظ . كما يمكن أن يدل على راسب يحمل الماء ويرسبه .
- 3 - التربة الغرينية أو الطمية : هي تربة تحتوي على الأقل على (80٪) غريناً وأقل من (12٪) صلصالاً .
- 4 - صلصال : مادة ترابية طبيعية دقيقة الحبيبات ، تصير لدنة القوام عند خلطها بكمية محدودة من الماء ، وتتربك أساساً من السليكا والألينا والماء ، وغالباً ما يخالطها الحديد والفولويات والقلويات الأرضية .
- 5 - زاوية الاحتكاك الداخلية : وهي الزاوية المحصورة ما بين الأفق ومستوى تماس جميع ، عندما يوشك الجسم الأعلى أن ينزلق على الأسفل .
- 6 - تماسك أو تصلب أو تلزز : عملية تتحول بها التربة أو التراب السائب أو الرخو أو السائل إلى حالة تماسكة وقاسية .
- 7 - تماسك أو تصلب أو تلزز التربة : هو تهيؤ التربة المشبعة أو تعذُّها ، كردُّ فعل لازدياد الحمولة فوقها ، حيث يؤدي الأمر إلى طرد الماء من مسامها ، ونقص للنسبة الفراغية فيها .
- 8 - رضم أو رص : زيادة الكثافة الجافة لمادة حبيبية وخاصة التربة ، بواسطة الصدم أو بواسطة تسوية وتجهيد الطبقات السطحية .
- 9 - الغطاء الصخري : تربة متفككة أو رمل أو حصي سائب يعلو صخر الأساس .
- 10 - ضغط سكوني - سائلي : الضغط في نقطة من مائع ساكن والذي يسببه وزن السائل فوقها .
- 11 - الفعل الشعري : الفعل الذي يجعل سطح سائل يرتفع عند مكان تماسه مع جسم صلب أو ينخفض ، وذلك بسبب التجاذب النسبي بين جزيئات السائل فيما بينها ، وبينها وبين جزيئات الجسم .
- 12 - الطفوية : القوة المحصلة الرأسية التي يؤثر بها مائع ساكن على جسم ما ، عندما يكون الجسم مغموراً في الماء أو طافياً عليه .
- 13 - حصيرة أساسات : أساسات على هيئة فرشاة واحدة متواصلة تكون أرضية لبنى بأكملها .

- 12 - معادلة بوميسنك : علاقة تستعمل لحساب تأثير حل مركّز على تراب ردم خلف جدار حاجر .
- 13 - اختبار الإختراق : اختبار لتحين القيم النسبية لكثافة رمل أو طمي غير متماك عند قاع تقرب الحفر .
- 14 - اختبار تحميل الصفيحة موضعياً : طريقة قديمة لتقدير سعة تحميل نوع من التربة ، بوضع صفيحة فولاذية مساحتها حوالي قدم مربع في مستوى الأساس ، ومن ثمّ تحميلها الى أن تفوص ضمن التربة .
- 15 - انتفاخ : ازدياد في حجم التربة عندما تزال من الطبقة التي كانت فيها ، وذلك بسبب زيادة نسبة الفراغات .
- تربة متنفخة : تربة متملدة نتيجة تعرّضها للبلل .
- 16 - مستوي طباقى : مستو يفصل بين طبقتين مفردتين من الصخور الرسوبية أو الطباقية .
- 17 - عرّقى : طبقة فحم أو معدن آخر أو طبقة رقيقة من الصخور .
- 18 - نظام الواجهات الطويلة : نظام تعديني تتقدّم فيه الواجهات التعدينية من ناحية المدخل البشري نحو الحدود ، مع السماح للسقف بأن يتقرّس مع تقدّم العمل والعمل .
- 19 - زاوية السحب : هي الزاوية التي تحدّد المسافة الأفقية التي يمتد عبرها المبط السقفي فوق السطح ، بعيداً عن واجهة التعدين .
- 20 - إطار مفصلي : منشأ يسمح بالحركة النسبية بين أجزائه ، ويتم ذلك غالباً عن طريق وصلة أو وصلات مفصلية أو منزلة .

## الفصل الثاني تكنولوجيا التربية

### ٢٠٠ : المقدمة :

اهتمَّ الفصل الأول من هذا الكتاب ، بدراسة السلوك النظري للتربة . لذا ستناقش في هذا الفصل إن شاء الله ، أنواع التربية الشائعة . سنتناول عند دراسة كل نوع من أنواع التربية ، معلومات شتى ، تتضمن خصائص التربية موضوع الدراسة ، كيفية تحديد تلك الخصائص عن طريق اجراءات واختبارات سبر التربية ، وكيفية تلطيف وتعديل الخصائص ، عن طريق اجراءات التقنية التُّربِيَّة ، أو العمل على وقايتها ، مستخدمين في ذلك النهج الإنشائي .

## ٢. 1 : الأنواع الشائعة للتربة وأنماطها السلوكية على النطاق

العملي :

٢.1.0.01 : نين من خلال هذه الدراسة ، بعضاً من الخصائص التي تصف بها أنواع شائعة من التربة . يمكن عادة استكمال عملية تقييم التربة ، وبيان ماهيتها ومواصفاتها وخصائصها الأولية ، من خلال تجارب حقلية بسيطة ، كما هو موضح في اللوحة (2-1) .

### ٢. 1. 1 : التربة الصخرية :

٢.1.1.01 : التربة الصخرية الصلدة ، هي عادة مادة كنف ، تصلح للتأسيس عليها ، نتيجة قدرتها الفائقة على تلقي الحمولات ، وضمانة مسافة هبوط الجزء الواقع منها تحت تأثير الحمولة المطبقة . خير أنواع التربة الصخرية ، هي تربة الصخور النارية ، كالبازلت والغرانيت ، وهي صخور تشكلت من جراء

اللوحة (2-1): تستعرض اللوحة هوية أي تربة؛ ومجموعة خصائصها النوعية.		
نوعية التربة	التحديد الميداني لهوية التربة	التعليم الميداني لبنية ومقاومة التربة
التربة الجحصنة	<ul style="list-style-type: none"> <li>● تتراوح أبعاد حبيبات تربة كهذه ما بين (2.36mm-76.2mm) ، بمعنى أن مثل قطر فتحة (2.36mm) قادر على الاحتفاظ بكامل حبيبات تربة كهذه .</li> <li>● تستعمل من المقاومة الجيدة ، على امكانية استواء تربة كهذه ، على مواد غشائية .</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● سائلة - يمكن ملئها بسهولة بواسطة الرمش المائي . يمكن دف عوازلين قطر (50mm) ، وتثبيتها جيداً ضمن تربة كهذه .</li> </ul>
التربة الرملية	<ul style="list-style-type: none"> <li>● تمر كامل حبيبات التربة من مثل قطر كل فتحة من فتحاته (2.36mm) ، بينما تستبقى كامل حبيبات التربة ضمن مثل قطر كل فتحة من فتحاته (0.075mm) .</li> <li>● عندما تحف الرمل النقي تتسلل بالكامل .</li> <li>● يمكن رؤية وسميز الدورات المستقلة بالعين المجردة وتحسبها بالأصابع .</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● تمر كامل حبيبات تربة كهذه من مثل فتحة (0.075mm) .</li> <li>● لا يمكن عادة تمييز حبيبات تربة كهذه بالعين المجردة .</li> <li>● تربة كهذه عادة ، ذات طبيعة خشنة للزلا ، إذ يمكن تشكيل قطعها الرطبة بالأصابع ، ولكن لا يمكن ترقيقها الى ما يشبه الاكبال فائقة اللقطع .</li> <li>● يذوي القشاط قطعة رطبة صغيرة منها ، وجزءاً براسة اليد الى تهبجلى اليد ويطفو حل السطح .</li> <li>● تحف الشرين بسرعة متحولاً بسهولة ثمة الى مسحوق ناعم ذووزر .</li> </ul>
التربة الغرينية		<ul style="list-style-type: none"> <li>● ناعم يمكن تشكيلها بسهولة بأصابع اليد .</li> <li>● ملج رطب - يمكن تشكيلها إن سُطت بالأصابع عليها بشكل قري .</li> </ul>

نوعية التربة	التحديد الجيادي لبيئة التربة	التقييم الجيادي لبيئة ومقاومة التربة
التربة الغضائية	<ul style="list-style-type: none"> <li>● مساء وليلة اللمس (مضاعة) نرسه عند ترطيبها، متراكمة عندما تكون جافة تتغير القطع اسنة والمعمورة بالاه بها وتضعف، إلا انها لا تنحل فيه ولا تصنع</li> <li>● تدو التربة الغضائية الناعمة متسقة السية، أو على شكل صلبات رقيقة</li> <li>● مصددة أفتيا</li> <li>● عالما ما تكثر الصدوخ في التربة الغضائية الأكثر صلابة، حيث تمتنع الشقوق قليلا، عندما يرزل الغطاء الصحري، أو تظهر عيانا، عندما يكشف السطح الشاكري، شجرة مباشرة أعمال سير التربة، واسفل حفر الاختبار</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● شديد العموة منها تنصعد متحللة أصابع اليد، إن حلول التلطف ها، ضم جزئياتها ما بين راحة اليد والأصابع</li> <li>● يسهل تشكيل الناعم منها بأصابع اليد.</li> <li>● يمكن تشكيل الخشن منها، بالضغط بالقوة عليها، بأصابع اليد</li> <li>● لا يمكن بأصابع اليد، تشكيل الجليء.</li> <li>● تصف التربة الطيارة القاسية بالصلابة (سرعة التسطم)، وبالألوةجة.</li> </ul>
التربة الخفيفة	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ليمي السية وفي لون داكن وأسود أو بني اللون.</li> <li>● غالبا ما تكون لها رائحة عذبة.</li> <li>● عالية القابلية للانضغاط، وذات قدرة عالية حل احتباس المياه.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● الناعم منها ذي قابلية عالية للانضغاط، وذات بنية استيعابية القوام (كثيرة المسامات).</li> <li>● أما الخشن منها فيكون مدجا متراص الخزيفات.</li> </ul>
التربة الطيشورية	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ذات لون أبيض، يسهل تحديد هويتها، وبالتالي التعرف عليها.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● تصف اللدنة منها، بأنها ذات جزئيات مجزأة، رطبة لللمس، وذات قابلية غشيلة للانضغاط، بمعنى انها سهلة التفتت.</li> <li>● أما المصددة منها، فيحتاج نفلها أو إزالتها، إلى أداة ذات رأس مستدق.</li> </ul>
التربة الردمية	<ul style="list-style-type: none"> <li>● تحوي حل مواد شق: منها: الدبش وقطع غير مصفولة من كتلة الحجرارة؛ مواد لا عضوية، نفايات، وخشب متضخ.</li> </ul>	

ملاحظة: يمكن أن يكون من القيد في حالة التربة النضورية، استخدام الجقزام الجليي، في تحديد خصائص بيئة ومقاومة التربة.

تصلب المادة المصهورة . هناك أيضاً الصخور التحويلية ، وهي عبارة عن مواد بركانية أو رسوبية ، تم تحويل خصائصها ، من خلال تعريضها للضغط أو الحرارة . تشمل الصخور التحويلية : صخر الناييس<sup>(١)</sup> (وهو صخر يماثل في مقاومته الصخور النارية) ، الصخور الإردوازية ، صخور الشيست ، والطُفل الصفحي القاسي ، وهي صخور تحوي صدوعاً ومستويات طباقية<sup>(٢)</sup> صريحة ، إضافة إلى قدرتها المنخفضة نسبياً على تلقي الحمولات . وأخيراً هناك الصخور الرسوبية وتتضمن الصخور الطباقية<sup>(٣)</sup> الصلبة ، والصخور المتشكلة عن تراسس المواد الرسوبية المؤلفة أساساً من مواد مُفْتَتة<sup>(٤)</sup> من أخرى ، نتيجة تعرّض الثانية لعوامل التعرية ، وتشمل الطُفل الصفحي<sup>(٥)</sup> ، الأحجار الطينية<sup>(٦)</sup> ، الفحم ، الطيشور ،



أحجار الكلس ، والأحجار الرملية . تتصرف التربة الصخرية الأكثر نعومة ، تصرفُ التربة العادية غير المتناسكة . تملك أحجار الكلس المصمتة ذات الطبقات المتناسكة ، والأحجار الرملية القاسية ، قدرة عالية على تلقي الحمولات . إلا أن هناك أنواع مؤلفة من اندماج طبقات أكثر رقة ، وهي أنواع تتحدد مقاومتها ، بناء على حجم المادة الناعمة المتواجدة ما بين الطبقات<sup>(١)</sup> ، والناشئة عن تحلل الأجساد البشرية . هذا ، ومن الملاحظ ، أن هناك فرص لتشكل ثقب الإزدراء ، الكهوف ، أو الصدوع العميقة ، ضمن التربة الحلوة على الأحجار الكلسية وأحجار الطباشير ، انظر الفقرة (1 . 5 . 2 . 07) .

2.1.1.02 : تتضائل بشكل كبير ، قدرة كافة أنواع التربة الصخرية ، على تلقي الحمولات ، إن هي تحللت الى عناصرها الأولية ، أو تعرضت لاندفاعات تحطمية ، نتيجة حركات أرضية أو انخفاضات فجائية ، انظر الفقرة (1 . 5 . 2 . 06) . لاعلاقة في الواقع ، تربط ما بين مقاومة القطع الصخرية الصغيرة ، ذات البنية المتجانسة ؛ للحمولات المطبقة ، وبين مقاومتها وهي ضمن ما يحيط بها داخل التربة الصخرية ، إذ تعتمد مقاومة الأخيرة للحمولات ، على ما تختص به من معالم ، كأن تكون التربة الصخرية طباقية ، تفلقية<sup>(٢)</sup> ، مفصلية<sup>(٣)</sup> ، صدعية<sup>(٤)</sup> وذات شقوق<sup>(٥)</sup> . كما تعتمد مقاومة التربة الصخرية للحمولات ، على توفر احتمالات تعرضها لأي من عوامل التعرية ، أو لتوفر عوامل تساعد على ترسيب مجموعة من المواد الأخرى ، وتجميعها الى بنية التربة الصخرية . إن ما ذكر آنفاً ، يظهر جلياً مع الصخور الرسوبية والتحولية . يمكن ان يحدث تدققاً وافرأ للمياه الجوفية ، عبر بعض الصخور الصدعية . إذا كانت الحمولات المنقولة الى الأساسات ، حمولة ضخمة أو مركزة ، فإن الأهمية تؤول للمقاومة الفعالة للصخر الطباقى . كما أن الأمر سيحتاج الى استشارة جيولوجي مختص ، إن تواجدت التربة ضمن منطقة معرضة لأخطار الزلازل ، وللمشاكل الناشئة عن استخراج المعادن من باطن الأرض .

\* : يمكن ان يكون فعل التعرية (الصخرية) التشلل بتحلل الصخور وتحولها الى صخور مفتتة ، قد تم منذ زمن سحيق ، وبالتالي يمكن للمواد المتخلقة من عملية التعرية ، ان تكون مدفونة عميقاً ضمن التربة . كما يمكن أيضاً ، ان نجد ظروف وإسوال المله الجوفية ؛ تأثير كبير على تعميق تأثير فعل التعرية في الصخور .

## — 2 . 1 . 2 : تربة البحص والرمل :

— 2.1.2.01 : يشكل البحص والرمل ، العنصرين الأساسيين للتربة السائبة . تمثل قوى الاحتكاك؛ مقاومة التربة لإجهادات القص . تعتمد الخصائص الإنشائية ، على مدى إحكام تراص التربة «الكثافة» ، والتي يمكن أن تتضاءل بوجود الماء . يكتسب مقدار ضغط المحمل<sup>(1)</sup> المسموح به ، أهمية تزيد عن أهمية مقاومة التربة ، في تحديد مدى هبوط أي تربة مؤلفة من خليط من البحص والرمل ، عدا التربة الرملية السائبة ، المشاد عليها أساسات سطحية وضيقة ، واقعة عند منسوب المياه الجوفية ، أو الى الأسفل منها ، انظر ذيل الفقرة (01 . 4 . 3) . تتعرض التربة لهبوط بسيط عادة ، فور تلقيها للحمولات المقررة . تتراص التربة الرملية السائبة وتفقد ثباتها ، تحت تأثير الصدمات والاهتزازات بمختلف أنواعها ، مما يحول التربة الرملية ، في حال وجود الماء ، الى تربة رملية ليّنة . تتميز أمثال التربة هذه بنفوذيتها العالية ، وتعرضها لمشاكل النز ، ومشاكل ما يسمى بالفجوات الأنبوبية<sup>(2)</sup> ، كما تتعرض التربة الرملية الناعمة ، للجيشان الناشئ عن التجمد من خلال ما يسمى بالفعل الشعري<sup>(3)</sup> . تحافظ زوايا انحدار التربة الجافة السائبة على ثباتها ، إن لم يتجاوز مقدار زاوية الانحدار ، القيمة التي عليها زاوية الإرتكاز<sup>(4)</sup> ، والتي تساوي تقريباً ، زاوية الاحتكاك الداخلي في الحالة السائبة .

## — 2 . 1 . 3 : الطباشير والحجر الكلسي :

— 2.1.3.01 : الطباشير ، وبشكل خاص الهياكل العظمية الكلسية للأحياء الدقيقة وشظايا وكسرات القواقع ، هي التي تشكل بمجموعها ما يسمى بالحجر الكلسي ، والذي يتعرض لمشاكل مشابهة لمشاكل التربة الحارية على فجوات الإزدداد . تتراوح بنية الطباشير ، وفقاً للدرجة ما تتعرض له من عوامل التعرية ، من بنية ناعمة سهلة التفتت ، تشابه بقوامها قوام العجينة الرخوة ، الى بنية قاسية ، تشابه بنية الصخر الطباقى المصمت . تساعد بنية الطباشير الخلوية ، على حجز الماء والاحتفاظ به داخل فجواتها ، مما يجعله سهل

التحطُّم ، ويجعل منه مادة ليّنة ، إن هو تعرض لطقس قارس البرودة . كما إن للاضطرابات الميكانيكية والمائية ، تأثير كبير على بنية مادة الطيشور . حتى في أحسن الأحوال ، لا يمكن الركون الى قدرة مادة الطيشور على تلقي الحمولات ، خصوصاً إذا قورنت قدرتها هذه ، بقدرة معظم أنواع التربة الصخرية . تتعرض التربة الكلسية الحاوية على مادة الطيشور ، لهبوطات خطيرة ، كما أن من الواجب ، اتخاذ احتياطات مناسبة ، في حال الرغبة في إنشاء أساسات على مادة كهذه ، مهياً للتأثر بعوامل التعرية ، أو معرضة مستقبلاً وبالتدرج للتلف وفساد البنية .

2.1.3.02 - تحتاج التربة المؤلفة أساساً من مادة الطيشور الى معالجة جادة ، إن كانت الرغبة متجهة نحو جعلها صالحة للتأسيس عليها . نعتد في تحديد خصائص التربة الطيشورية ، على نتائج التجارب المخبرية الدقيقة ، أو التجارب المجراة على أرض الموقع . يمكن ان تسبب عملية غرز الأوتاد ، سلسلة من المشاكل المؤدية الى إضعاف بنية مادة الطيشور . تتميز الأحجار الكلسية عموماً ، بأنها أكثر صلابة وأقل تأثراً بعوامل التعرية وتغيرات الطقس ، الى درجة أن استخدامهما كثرة للتأسيس ، يجنبنا العديد من المشاكل المرافقة للتربة الطيشورية المستخدمة لأغراض التأسيس عليها . إن مجموعة الأحجار الكلسية الطباقية ، المؤلفة من تجمع طبقات رقيقة ، هي واحدة من أكثر أنواع الأحجار الكلسية ضعفاً . هناك نوع آخر من الأحجار الكلسية يدعى «طوفة أولبيدة»<sup>(13)</sup> ، وهو عبارة عن كتلة من كربونات الكالسيوم اسفنجية القوام ، تجمعت جزئياته بشكل عشوائي . تتعزز قوة الحجر الكلسي هذا ، عندما تتلاصق جزئياته وتتماسك ، إلا أنه يبقى من الأحجار الكلسية سهلة التفتت .

#### — 2.1.4 : الفحم ،

2.1.4.01 - : الفحم هو أحد الصخور اللينة ، المتشكلة من جراء تصلُّب البقايا النباتية . نادراً ما توضع الأساسات مباشرة فوق طبقة فحمية ، إذ أن درجة تحملها للضغط منخفضة نسبياً .

## — 2.1.5 : الصلصال أو الطفل :

— 2.1.5.01 : لقد تمّت مناقشة خصائص الصلصال في الفصل الأول . تعدُّ مادة الصلصال بطبيعتها ، مادة كثيفة نسبياً ، تهبط ببطء عند تلقي الحمولات ، ومتاسكة مع إهمال لما تظهره من مقاومة تجاه قوى القص الاحتكاكية . نتيجة توفر الامكانية لانتقال الإجهاد من خلال التربة الصلصالية ، فإن التربة الصلصالية ، تكون معرضة لظاهري الانكماش والانتفاخ ، انظر الفقرة (02 . 1 . 5 . 1) . كما يمكن لها ان تسيح ، لتشكل سطحاً جانبياً منحدرأ ، انظر الفقرة (06 . 2 . 5 . 1) . إن وجود فواصل أو مواد أخرى مغايرة لمادة الصلصال ، داخل تركيبة المادة الغضارية ، ووجود الصدوع ضمن التربة الغضارية ، وكذلك تواجد الجذور النباتية الصغيرة ؛ كل ذلك يجعل من التربة الغضارية ، تربة نازة عموماً ، تسمح بتسيل المياه ، وبالتالي تسبب تلين التربة وإضعافها من وجوه عدّة . هذا ، ونتيجة لضعف مقاومة التربة الغضارية لقوى وإجهادات القص ، فلنّها كثيرة تصبح معرضة للانزلاقات الدورانية ، وللجشائنات أثناء تنفيذ أعمال الحفر عليها . يُنظر عند حساب مدى قدرة تربة صلصالية ما على التحمّل ، الى مقدار مقاومة التربة للحمولة ، والى مدى امتداد مسافة الهبوط المحتملة . تحوي التربة الصلصالية ضمن تركيبها على الكبريتات ، وهي عادة مركّبات تهاجم الببتون الحاوي على الاسمنت البورتلاندي ، وتؤدي الى تعزيز امكانية تأكسد فلزات الحديد ثنائية التكافؤ ، المدفونة ضمن المقطع الببتوني .

— 2.1.5.02 : يتزايد تصلّب الراسب الطيني الأصلي الناعم ، طردأ مع تزايد الضغط السفلي ، ليتحول الصلصال اللزج الى حجر طيني أو طفل صفحي . يمكن أن يتخذ الحجر الطيني شكل كتلة طباقية مصمتة أو صفائحية ، كما هو الحال في الطفل الصفحي ، الحاوي على كمية من الطمي . تتدهور مواصفات المواد هذه وتفسد ، إن هي تعرضت لعوامل التعرية وتقلّبات الطقس ، كما أنها تتحول الى مادة ليّنة ، إن لامست الماء . يتحول الطفل الصفحي المعرض لضغط مديد أو حرارة عالية ، الى صخر حقيقي (الطفل القاسي أو الإردواز) .

تنزلق صخور أظفل القاسي والصخور الإردوازية المتواجدة ضمن طبقة منحدره ، بسبب تكوّن تلك الصخور من تجمّع صفائح رقيقة .

— 2.1.5.03 : أهم أنواع التربة الصلصالية ، هي التي تراعى فيها معقولة نسبة القساوة<sup>(١٤)</sup> الى الصلادة<sup>(١٥)</sup> ، كالصخور الصلصالية الضخمة ، والتي تحوي على أحجار غشم متخلّفة عن المل<sup>(١٦)</sup> .

— 2.1.5.04 : تدعى الصخور الصلصالية القاسية ذات الصدوع ، والتي تعرّضت لضغوط ضخمة خلال تاريخها الجيولوجي ، بالصخور مسبقة التماسك أو تامة التماسك . بينما تدعى بقية أنواع التربة الصلصالية ، بالتربة نظامية التماسك . يؤدي ارتفاع درجة تماسك الصخر الصلصالي ، الى انخفاض قابليته للانضغاط ، وبالتالي الى تدني مقدار عامل التخفيض الجيولوجي (١٧) المرتبط واقعياً بتجارب التراص المخبرية ، انظر الفقرة (04 . 3 ، 4 . 1) . إلا أن بعض أنواع الصلصال اللين ، يكون ذو حساسية عالية ، أي بمعنى أنه يبدي استعداداً للتخلي عن معظم قدرته على مقاومة قوى القص ، إن بُعِثَتْ بنيته . تعرّف الحساسية بأنها نسبة الترابط اللازمة لإعادة صياغة مقاومة القص .

— 2.1.5.05 : يحوي الصلصال على مادة عضوية ، أو تتخلّله وريقات عضوية قابلة للانضغاط . يتميز الصلصال الطمي<sup>(١٨)</sup> ، بإطراد تماسكه ، مما يكسبه زيادة ملحوظة في القدرة على مقاومة إجهادات القص ، طرداً مع عمق تواجده ضمن التربة ، بالمقارنة مع الصلصال مسبق التماسك . يمكن للمتر العيولي من الصلصال الغريني ، أن يجف ، متحوّلاً الى قشرة سطحية قاسية .

تتلين كافة أنواع المواد الصلصالية «الغضارية» ، إن اضطربت بنيتها ، أو أصابها الماء . كما يمكن أن تتحطم الى ذرات دقيقة ، إن سُمِعَ لها أن تجفّ تماماً . يمكن للمادة الصلصالية المكتنزة والصلبة ، الوقوف ماثلة على مقاطع الجروف شديدة الانحدار ، لفترات محدودة ، وذلك لما تتميز به جزيئاتها من خواص تدعوها الى التلاحم والتماسك . ينهار ثبات الكتل الصلصالية في آخر الأمر ، متأثرة بعوامل التعرية ، [انظر ايضاً الفقرتين (05 . 2 . 1) ، (15 . 2 . 1) ] .

— 2.1.5.06 : «المرل» هو الاسم الشائع للصلصال الجبيري والطفال<sup>(20)</sup>، أي للمواد الحاوية على كربونات الكالسيوم. «المرل الكوييري»<sup>(21)</sup>، هو مادة مقرطة التماسك، شديدة القوة، مادامت بعيدة عن تأثيرات عوامل التعرية. تلاحظ على كتلة المرل الكوييري، صدوع عميقة الغور. يمكن أن يتحول المرل الى كتلة ليّنة، إن عُيِّتَ ببنيته أو أصابه الماء. تتكوّن الأحجار الصلصالية<sup>(22)</sup>، من تحجّر بقايا الكائنات الحية. تشكّل كربونات الكالسيوم، اللاصق الطبيعي الذي يربط ما بين البقايا المتحجرة. تتواجد الأحجار الصلصالية، على شكل كتل ضخمة للغاية.

## — 2.1.6 : المواد الغرينية «الطينية» :

— 2.1.6.01 : تتوسّط مواصفات وخصائص المواد الغرينية، مواصفات وخصائص كل من المواد الرملية من جهة والمواد الصلصالية من جهة اخرى. يتّصف الغرين بأنّه مادة متماسكة واحتكاكية (لامتاسكة) في نفس الوقت. تدعى الرواسب التي تعصف بها الريح فتذروها، بالرواسب الطفالية (طيس)<sup>(23)</sup>. بينما تدعى الرواسب الغرينية الحاوية على مادة عضوية «بالغرين العضوي»، وهي مادة رخوة، شديدة اللبونة.

— 2.1.6.02 : الغرينات مواد يصعب التأسيس عليها، فهي تحمل في بنيتها، بعضاً من أسوأ خصائص كل من الرمل والصلصال. تعتبر الغرينات من المواد المستجيبة لظاهرة الجيشان التجمّدي. تحتفظ الغرينات الرخوة (الجليدية والطينية) بالماء، إلا أنها وعند اجراء الحفريات، تكون معرضة للجيشان، ومن ثم الى ما يسمى بالغليان<sup>(24)</sup>. إن المواد الغرينية المترسّبة بفعل الرياح، هي مواد أكثر صلاحية للتأسيس عليها، على الرغم من أن المبنى المشاد عليها، سيكون عرضة لأخطار الانهيار الإنشائي، المتأتّي من فعل المياه بها. تعدّ المواد الغرينية السائبة أو الرخوة، بالمقارنة مع المواد الصلصالية الرخوة، هي الأسوأ من ناحية الصلاحية للتأسيس عليها. إن ما يدعى بالطفال الرمي، ما هو إلا مزيج من مواد ثلاث، متساوية الأحجام تقريباً، هي: الرمل، الصلصال، والغرين.

## — 2. 1. 7 : اللُحْث<sup>(٢٥)</sup> أو التُرب :

— 2.1.7.01 : يعدُّ الحُث أو التُرب، المكوّن الأساسي لشُتى أنواع التربة العضوية . كما يمكن أن يتواجد مصحوباً بكميات متنوّعة من المادة اللاعضوية (كالصلصال أو الغرين) . يتّصف التُرب بالطراوة ، ويأنه مادة نباتية ذات ألياف ، شكّلتها النباتات المتفسخة . يتّصف التُرب أيضاً ببراثنه المميزة . يمكن أن تصل سماكة تراكماته الى بضعة أمتار ، كما يمكن ان يظهر كتطبقات ضمن المادة الطميية . إن قابلية التُرب للإنضغاط عالية جداً ، وهو إجمالاً ، مادة غير صالحة لتلقي حمولة الأساسات . لهذا يلجأ المتفنّون الى تجاوز طبقة التُرب بوسائل عدّة ، كأن تغرز الأوتاد ، وذلك بغية وضع الأساسات على طبقة كفوّ ، صالحة لتلقي الحمولات ، خصوصاً إن كان من الصعب إزالة طبقة التُرب . إلّا أنّ التُرب عادة ، يتراس الى بعضه ، تحت وطأة وزنه الذاتي ، مما يسبّب فقداناً متزايداً للتربة السطحية ، وبالتالي يعرّض الأساسات في آخر الأمر ، لأن تصبح في العراء ، أو قريبة من منسوب سطح التربة العلوي . يتّصف التُرب بقدرته على الاحتفاظ بالماء ، لهذا يتعرّض لتقلص هائل عند التجفاف ، وللانتفاخ ثانية عند الترطيب .

## — 2. 1. 8 : التربة السطحية :

— 2.1.8.01 : يطلق عادة ، على التربة الزراعية السطحية الناعمة ، عبارة التربة السطحية ، وهي تعدُّ من مقوّمات الحياة النباتية في إقليم ما . تتكوّن التربة السطحية أساساً من مادة «الدبال»<sup>(٢٦)</sup> ، التي هي بمثابة نتاج التفسّخ الجزئي للمادة النباتية . لا تصلح التربة السطحية مطلقاً ، لأي من الأغراض الهندسية ، وهي تقشط عادة وتزال كلية من المساحات المعدة للبناء . يمكن لجنود الأشجار ان تحترق الأرض ، لتصل الى ماتحت طبقة التربة السطحية . هذا ، ومن الصعب عملياً إزالة الجنود القديمة بالكامل ، قبل بدء التنفيذ ، إلّا أنه ، وفي كل الأحوال ، لا يجوز وضع الأساسات ، على تربة تحوي كمية وافرة من جذور الأشجار .

## ٢. ١. ٩ : الردمية :

٢. ١. ٩. ٥١ : الردميات أو التربة الصناعية ، هي عبارة عن رواسب أو تراكبات من المواد الطبيعية أو الصناعية ، العضوية واللاعضوية (كالدبش<sup>(٢٢)</sup> ، التربة ، مخلفات المناجم أو النفايات الأخرى ، النفايات ، مواد الأبنية القديمة ، وغيرها من المواد التي يقوم الإنسان بتحريكها ونقلها من مكان الى آخر . تجري الدراسات في بعض الأحيان ، على أساس أن المبنى مشاد فوق طبقة سميكة من المواد الردمية . تتحدد مواصفات وخصائص الردمية ، وفقاً لخصائص ومواصفات المواد المكونة لها ؛ لطريقة الردم ، ولدرجة التراص . يمكن ان تحوي الردمية ، على مواد تلقائية الاشتعال ، على مواد كيميائية ضارة بالاساسات ، أو أية مواد خطيرة اخرى .

٢. ١. ٩. ٥٢ : لا يجوز إنشاء ابنية على تربة ردمية ، إن حوت تلك التربة ، على كمية وافرة من الصلصال الناعم ، على مواد قابلة للتحلل ، أو على مواد تعد سبباً ، لحدوث إنياريات لاحقة (كاحتواء الردمية مثلاً على أوعية قصديرية) . كما لا يجوز البناء على تربة ردمية ، إن كانت ستتحول بتأثير فعل المياه ، الى تربة غير مستقرة . ينصب الاهتمام في التربة الردمية ، على مسافة الهبوط بالدرجة الاولى ، وهي تسبق في الاعتبار ، مدى مقاومة التربة للحمولات . هذا ، ويسبب أنه من المتعارف عادة ، بعد استكمال عملية الردم ، مواصلة رص التربة ، الى أن تصل الى السماكة المطلوبة ، فإنه لا يجوز مطلقاً ، وضع مبنى أو منشأة على مواد ردمية ، ما لم نعلم تماماً ، ان التربة قد رصت جيداً ، على طبقات رقيقة السماكة ، وذلك في بدء وأثناء تنفيذ أعمال الردم . كما لا يجوز ذلك ، إن لم تتخذ احتياطات ، وتوضع خطة مسبقة ، من شأنها معالجة أي خلل لاحق . يمكن وضع مبنى على تربة ردمية ، إن كانت مسافة الهبوط المحتملة لاحقاً ، ضمن الحدود المسموح بها إنشائياً . من الضروري عادة ، إعادة رص السطح العلوي لتربة الردمية ، قبل وضع الاساسات . كما قد تضطر أحياناً ، إلى إزالة المواد ، التي تفقد التربة استقرارها .



— 2.1.9.03 : تُرد هبوطات الأبنية المشادة على تربة ردمية الى ثلاثة

أسباب :

تراص تربة الردمية تحت وطأة تطبيق الحمولة الانشائية ، انظر الفقرة (01 . 2 . 3 . 1) ، وتحت تأثير وزنها الذاتي ، وأيضاً تراص الطبقة التحتية للتربة ، تحت تأثير الحمولتين معاً . يتعمق تأثير السبب الأخير ، وفقاً لارتفاع تربة الردم ، ولدى قدم الفترة التي أعقبت الانتهاء من عملية الردم . هذا ، وفي حال تكاثر المتغيرات ، تترادى الحاجة الى نصيحة خبير مختص . يمكن القول ، استناداً الى الحساب التقريبي ، والملاحظة العملية ، ان تربة ردمية حسنة التراص ، هي تربة معرضة لهبوط تحت تأثير وزنها الذاتي ، مسافة لا تزيد نسبتها على مدى خمس سنوات ، عن (1٪) من سائتها الاجمالية . هذا ، وتعرض التربة الردمية في الواقع ، لهبوطات أقل ، تحت تأثير الحمولات ؛ مما تتعرض لها العديد من أنواع التربة الطبيعية .

— 2.1.9.04 : نتيجة لتنوع درجة تراص التربة ، ولتعدد

خواصها ، فإن التجارب العادية المجراة على التربة ، وحتى تجارب تحميل الصفيحة ، انظر ذيل الفقرة (06 . 3 . 4 . 1) ، هي تجارب مشكوك بدقة نتائجها . يراعى استخدام أنواع المنشآت والأساسات ، الموافقة أو بالأحرى المقاومة للهبوطات ذات التباينات الضخمة . من هذه الأساسات الصالحة لذلك ، هناك الأساسات المستمرة ، المرتبطة بأجزاء المنشأة العليا ، بوصلات مسارية ، أو موضعية لينة . في الظروف السيئة ، تبقى هناك إمكانية لبناء منشأة ، فوق ردمية عميقة ، وذلك بدق أوتاد تتجاوز في عمقها ، سماكة الردمية . كما يمكن وضعها ، معلّقة على أرضية التربة الأصلية .

— 2.1.9.05 : يمكن أن تفرض الظروف أحياناً ، إنشاء أساسات

على ردمية جديدة . تراعى في حالة إنشاء أساسات على ردمية جديدة ، ذات الاعتبارات التي يتم مراعاتها في حال قدم عمر الردمية ، إذ يصار الى اختيار مادة الردمية ، واختيار الاسلوب المناسب لرصّها ، كي تنفي امكانية الشك في سلوكها المستقبلي . تختار الردمية حيبيبة القوام ، والمطابقة من الناحية العملية ، للتنوعية

عالية الجودة .

— 2.1.9.06 : هناك ردميات أخرى ، يقوم بها المتفد ، ملء المنطقة الواقعة تحت منسوب الأرض الطبيعية ، كالردميات ما بين الأساسات القديمة ، الأقبية والمرافق العامة . تتحكم بالحفريات الرئيسية ، كحفريات الأنفاق ، الظروف الخاصة ومتطلبات الأغراض المشادة من أجلها ، وكذلك التعليقات التي تصدرها الدوائر المختصة .

## — 2.1.10 : ملاحظات عامة على سلوكية التربة :

— 2.1.10.01 : يمكن للتربة ، بما فيها التربة الردمية ، ان تحدث احتكاكاً سطحياً سالباً ، أو دفعاً نحو الأسفل ، تؤثر بها على جوانب الأساسات العميقة (كالأوتاد مثلاً) ، أو على جدران الأقبية ، وذلك إن أمكن لهذه التربة أن تتراس ، بعد إنشاء المبنى عليها ، إما نتيجة وزنها الذاتي والحمولة السطحية ، أو نتيجة النهج الإنشائي المتبع . إن غطيت طبقة التربة الناعمة ، بسياكة كافية من تربة أكثر صلابة ، فإن الاحتمالات المستقبلية ، لتزايد أخطار قصور التربة ، الواقعة تحت أي من أساسات المبنى ، تتناقص الى حد كبير ، إلا أن الوضع هذا ، قد يساهم في حدوث هبوطات ذات شأن [انظر ذيل الفقرة (2.01 . 4 . 1)] . إن الإجراء آنف الذكر ، يمكن له في بعض الحالات ، تحسين خصائص ومواصفات التربة ، من خلال أعمال يتم تنفيذها مباشرة على أرض الموقع .

إن لكل منطقة تربتها ، ولكل تربة أحوالها ، وهذه الأحوال ، تختلف عن بعضها البعض بشكل واضح وملحوظ ، لذا لا بد من استشارة اختصاصي في التربة المحلية ، كلما دعت الحاجة الى ذلك .

## — 2.2 معاينة الموقع :

— 2.2.0.01 : يمكن عادة من خلال معاينة الموقع ، تحديد طريقة ترتيب طبقات التربة ، نوعيتها ، وخصائصها المميزة . كما يمكن من خلالها أيضاً ، معرفة أحوال سطح الأرض الطبيعية ، التي يمكن لها أن تؤثر ، على

تصميم وإنشاء الأساسات والعناصر التأسيسية الأخرى . تستكمل أعمال التفتيش هذه عادة ، من خلال تقرير يسمى تقرير التربة ، تبين فيه مدى معقولية تنفيذ مخططات المباني ، على أرض الموقع المقترح ، وتدوّن ضمنه ، التعليمات العامة ، الملزمة لاسلوبي التصميم والإنشاء ، المشار إليها ضمن مخططات المشروع .

— 2 . 2 . 1 . 2 تقييم إجراءات التفتيش وسرد التعليمات الناظمة لها :

— 2 . 2 . 1 . 01 : لا بدّ من تقييم الموقع ، قبل البدء بتنفيذ أي مشروع عليه . تشكّل النظرة الأولية للموقع ، الحد الأدنى المطلوب ، على الرغم من أن معظم الحالات ، حتى البسيطة منها عادة ، تتطلب شكلاً من أشكال سبر التربة . تتحوّل السبور الى مطلب لا غنى عنه ، في حال تكشف المشروع عن تعقيدات ما ، أو كانت التربة ، ذات سلوكية خاصة . وعلى ذلك ، يعتمد التوسّع في عدد ونوعية السبور ، على ضخامة المشروع من جهة ، وعلى الظروف المحيطة بالعمل من جهة أخرى . يكلف بهذه الإجراءات عادة ، اختصاصي بأحوال التربة .

— 2 . 2 . 1 . 02 : ينبغي ان لا تتعدّى كلفة معاينة الموقع ، ما نسبته (1%) من كلفة المشروع الإجمالية . هذا وتعدّ إجراءات معاينة الموقع ، من الإجراءات الهامة ، إذ يمكن بها تقليص كلفة التصميم ، كما أنها تعدّ واحدة من المعارف التي تدلّنا على أحوال التربة ، والتي تقودنا الى الثقة بإجراءات السلامة ، وبسلامة سلوكية المنشأة المقترحة . تساعد المعلومة هذه ايضاً ، في تحديد حجم المتطلبات والأخطار الناجمة عن الأعمال المنقّذة على سطح الأرض ، بشكل أكثر دقة ، وتمنح المتعهد ثقة ، أثناء تقديم عروض الأسعار ، تفوق ما تستطيع أن تمنحه لآياه ، أي طريقة متاحة أخرى . بهذه المعاينة ، نقلّص مطالب المتمهد اللاحقة ، والناشئة عن ظهور أحوال للتربة غير متوقّعة ، إن لم نقل نلغيها .

— 2 . 2 . 1 . 03 : يمكن أن يقودنا تفتيش أحوال التربة ، الى نتائج خاطئة ، ما لم يدر الإجراءات ، وتحليل نتائجها ، خبير مختص . إذ فقط قطعة صغيرة جداً من التربة ، هي التي ستمثّل العيّنة التي ستجرى عليها التجارب والاختبارات . كما أن نتائج التجربة بحد ذاتها ، يمكن لها أن تخدع وتضلّل القارئ عليها ، ما لم يؤخذ في الحسبان ، أثناء اتّخاذ الإجراءات وتحليل النتائج ،



أيضاً ، التعليلات النازمة لعطاءات سبر التربة ، وتقع عليه مسؤولية تحديد مواقع السبور ، والإشراف على حسن تنفيذها .

### - 2. 2. 3. الحفر والسبور التجريبية :

- 2. 2. 3. 01 : تحدد المسافة المتروكة ما بين الحفر أو السبور ، وفقاً لأحوال التربة ولظروف الموقع . إلا أن المسافة المحصورة ما بين مراكزها ، تتراوح عادة ما بين (15m- 50m) ، منتشرة على كامل مواقع الأبنية . أشارت الفقرة (10 . 4 . 2) ، إلى هذا العمق الكلي المطلوب ، لتقضي أحوال تربة القاع ، إلا أنه من الناحية العملية ، لا يكون من المطلوب دوماً ، حفر سبور تصل إلى نهاية العمق المطلوب ، بل يكفي بعمق أقل ، إن علمنا بوجود طبقة سفلى قاسية البنية ، وذات سماكة كافية .

- 2. 2. 3. 02 : في الظروف الحسنة . ولأعماق تتراوح ما بين (3m- 4m) ، تُعد الحفر التجريبية ، أكثر قدرة على أداء المطلوب ، حيث أنها أقدر من السبور ، على كشف خصائص وخواص طبقة التأسيس . حتى عندما تتفقد فتحات السبور ، تبقى بعض الحفر الفردية ، قادرة على أداء خدمات محددة ، كالتأكد من صحة نتائج السبور ، وتقضي أحوال الأساسات المتواجدة أصلاً ، وغير ذلك من الأمور . يمكن عند الضرورة ، استخدام مثاقب الحفر اليدوية ، لاختبار تربة قاع الحفر ، والتعرف على خواصها .

- 2. 2. 3. 03 : يستخدم في سبر التربة ، أسلوبين متميزين ، يُعنى أولهما بسبر التربة اللينة ، ويستخدم لتحقيق ذلك ، آلات يدوية أو ميكانيكية بسيطة ، كالمثاقب اللولبي أو أساليب التفريغ<sup>(2)</sup> ، أنظر الشكل (1 - 2) . تزود عند الضرورة ، الحواف الداخلية لحفر السبر المنفذة ضمن تربة ليّنة ، بأنابيب حماية وتثبيت فولاذية . يُعنى الأسلوب الثاني ، بسبر تربة ذات طبقات أكثر قساوة ، كالترية الحاوية على الحجر الطيني أو المرل القاسي ، ويستخدم لتحقيق ذلك ، المثاقب الآلية ، والآلات الدورانية .

- 2. 2. 3. 04 : أيّاً كان الأسلوب المتبع في سبر التربة ، فلا بدّ من



الشكل (٦- 2) : يظهر الشكل آلة السبر الحديثة .

تنظيم جدول ، أنظر الشكل (2 - 2) ، تحدد فيه طبيعة وهوية العينات المأخوذة ، إن جاز لنا التعبير ، وخطوات سير إجراءات اختبارها . كما تحدد على الجدول طبيعة ومنسوب المياه الجوفية . تسجل ضمن الجدول أيضاً ، الحالات المتضاربة ، بما فيها كافة الغرور وشق حركات المياه الجوفية ، ونتائج أي تجارب موضعية ، أجريت ضمن حفر السبور . ينبغي تصنيف العينات وترتيبها قدر الإمكان ، قبل إجراء الاختبارات عليها . تتطلب إجراءات الاختبار ، حرصاً من القائمين عليها ، وقدرة على استخدام التقنيات المناسبة . لا يمكن أخذ عينات نموذجية من

تربة صلصالية حساسة ، وسريعة التأثير بطروف محيطها . كما يصعب أخذ عينات من تربة سائبة ، وبالتالي لا يجوز إخضاع أمثال هاتين الترتين ، إلى التجارب الموضعية . تدعه العينات المأخوذة عن طريق المثقاب الدوّار ، بالعينات اللينة .

Contract Name TADLEY, ALBERTA-100						Borehole No. 3	
Method of boring Shell and Auger						Sheet 1 of 3	
Diameter 200 mm to 1.50 m						Ground level	
120 mm to 25.0 m						Start 26.5.72	
						Finish 27.5.72	
Depth (m)	Water level (m)	Time (min)	Sample No.	Depth (m)	Thickness (m)	Description of Strata	
0.20				0.20		Firm brown and grey clay with gravel	
1.05				1.05		Firm brown and grey clay with gravel	
3.25				3.25		Firm brown and grey clay with gravel	
1.65				1.65		Firm brown and grey clay with gravel	
2.55				2.55		Firm brown and grey clay with gravel	
3.50				3.50		Soft to firm orange brown fine sand and silt with laminations of clay, silty silt	
6.40				6.40		Soft to firm orange brown fine sand and silt with laminations of clay, silty silt	
2.15				2.15		Soft to firm orange brown fine sand and silt with laminations of clay, silty silt	
0.15				0.15		Soft to firm orange brown fine sand and silt with laminations of clay, silty silt	
						Notes: <input checked="" type="checkbox"/> Water struck, <input checked="" type="checkbox"/> Boring under shock, <input checked="" type="checkbox"/> Casing depth, <input checked="" type="checkbox"/> Sample depth	
						Terresearch Limited Report No. 8,72/311 Appendix 1 Sheet 3	

الشكل (2 - 2) : يظهر الشكل الأسلوب النموذجي لتدوين المعلومات المتحصلة عن سبر التربة .

## 2. 2. 4 - اختبارات التربة الموضعية والمخبرية :

2. 2. 4. 01 : تلخص اللوحة (2-2) ، كافة التجارب المستخدمة في

معرفة خواص ومواصفات التربة ، دون الدخول في التفاصيل . وسنناقش فيما يلي ، بعضاً من هذه التجارب ذات الأهمية .

اللوحة (2-2): تقدم اللوحة ملخصاً للتجارب المجرىة على أرض الواقع ؛ وتلك المجرىة ضمن

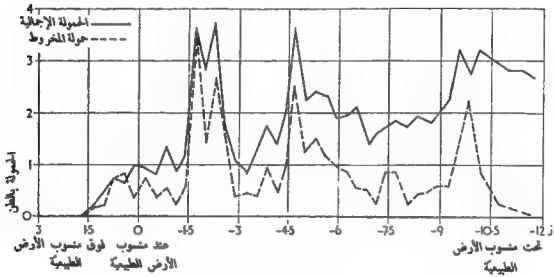
### المختبرات المتخصصة

درجة التجربة	المقصد أو الغاية من التجربة	تسمية الاختبارات
1 - لتحديد قوة ودرجة التربة	تجارب تمهيدية ضرورية لانتاج اختبارات لاحقة	● العينة البصرية ● نخل التربة الجاللة أو الرطبة ● تجربة التخلل.
2 - لتحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية	لايجاد الخصائص المؤثرة على المقاومة ؛ ولتلمس سلوكية التربة تحت وطأة الحمولات ، ولتتبع التفاعلات الكيميائية الناتجة عن ملوحة التربة للمواد للشاد منها الأبنية.	● تجارب واختبارات لتحديد: ● المحتوى المائي من الرطوبة. ● حجم وكثافة الكتلة الجاللة. ● قيم الكثافات الاصلية والذاتية. ● تجارب التصنيف الكيميائي.
3 - لتحديد مقاومة التربة	لتحديد التصورات العامة والأساليب الواجب إتباعها في تصميم الأساسات ومثلثات حيز الأثرية	● تجربة استطاع التربة لضغط غير ملحد. ● تجربة الضغط في المحاور الثلاث. ● تجربة الرمشة الدوارة. ● تجربة الاختراق العميقة. ● تجربة اختراق المخروط. ● تجربة الاختراق.
4 - لتحديد سلوكية التربة تحت وطأة حمولة أو إجهاد توضي ، ولتعيين منظمي تصرفاتها بعني الزمن	لتحديد التصورات العامة لتصميم الأساسات للكشف عن درجة تلافية التربة	● تجربة التماسك ● تجربة الضغط في المحاور الثلاث ● تجربة اختراق المخروط ● تجربة الاختراق ● تجربة الصلابة الموضعية ● تجربة تمثيل وتد بأبعاده الثلاثة ● الرأس الثابت ● تجربة الاختراق ● الرأس الساطق ● تجربة الضخ
5 - لإيجاد سبور متممة بناءً لمحدد مدى استمرارية الطبقة	لتحديد التصورات العامة لأساليب تصميم الأساسات	● التجارب الجيوفيزيائية



## ٢.٢.٤.٠٢ : التجارب الموضعية :

٢.٢.٤.٠٢ : تشمل التجارب الموضعية أحياناً ، تجارب لتحديد محتوى التربة من الرطوبة ، تجارب المقاومة أو تحديد كثافة التربة (ويتم ذلك بواسطة غروز تتم بالريشة الدوارة ، أو باستخدام أداة قياس الضغط ، أو اتباع أي طريقة من طرق الإختراق المتعددة) ؛ تجارب الضخ ، وغيرها من التجارب الأخرى ، بالإضافة إلى تجارب التحميل . يمكن إدراج الأساليب



الشكل (3 - 2) : يظهر الشكل النتائج النموذجية لاختبار اختراق جسم مخروطي الشكل لتربة ما .

الجيوفيزيائية<sup>(٢٢)</sup> ، ضمن قائمة التجارب الموضعية هذه . يمكن أيضاً استخدام تجريبي اختراق المخروط<sup>(٢٣)</sup> ، أو الريشة الدوارة ، دون الحاجة إلى حفر سبور مسبقاً ، إن كانت التربة ليّنة إلى حد كاف ، وهي من ثم إجراءات يمكن وصفها أحياناً بالسبور الصوتية أو العميقة<sup>(٢٤)</sup> ، والتي يمكن استخدامها لمعاينة مقاومة التربة بشكل سريع ، على امتداد مواضع مختلفة ، وعلى أعماق متباعدة من أرض الموقع ، أنظر الشكل (3 - 2) .

2.2.4.03 : يمكن استخدام تجربة الريشة الدوّارة ، لتحديد مقاومة تربة صلصالية لئنة لقوى القص ، وذلك بقياس درجة مقاومة التربة لدوران الريشة . وفي كل الأحوال ، تعدّ تجارب الإختراق ، هي الأنجع عملياً ، والأكثر استخداماً في تحديد الكثافة النسبية (وبالتالي معرفة مقاومة التربة للقص ، ومعرفة إمكانية تعرّضها للهبوط) ؛ ولا سيما في التربة السائبة والغرينية . تنفّذ تجارب الإختراق بأسلوبين ، الأول ويعتمد على قياس القوة (التجارب الساكنة) ، والثاني الذي يعتمد على قياس عدد العَصَفات النوعية ، اللازمة لتغلغل مخروط معياري<sup>(22)</sup> ، أو أنبوب العيّنات<sup>(23)</sup> ، مسافة تساوي وحدة المسافات . يرمز لتجارب الإختراق المعيارية هذه بـ (S.P.T) ، وتدعى بالتجارب الحركية ، والتي هي ربما من أكثر التجارب أهمية . تنفّذ التجربة عادة ، أثناء إجراء حفريات السبر الترابي ، حيث يقوم منفذ التجربة ، بتسجيل عدد العصفات (N) ، اللازمة لتغلغل مخروط معياري (نظامي) ، مسافة داخل التربة تساوي (305m.m) . تكرر القياسات ، كلما توغلنا في الحفر مسافة تتراوح ما بين (1m- 2m) .

2.2.4.04 : تجرى تجارب الضخ ، عندما تكون لحركة المياه الجوفية ، أهمية خاصة . يمكن الإستفادة من البيزومتر<sup>(24)</sup> (مقياس الضغط) ، لقياس ضغط مياه المسامات (الضغط الحيادي) . كما يمكن بالطبع ، إجراء معاينة مباشرة لتغيرات المياه الجوفية ، وذلك باستخدام أنابيب مخرّمة ، تقحم ضمن حُفَر السبور . يجري تنفيذ والتقيّد بتجارب التحميل ، التي سبق الإشارة إليها . توظّف تلك التجارب ، لتحديد خصائص مقاومة وهبوطات أساس مفرد في تربة معطاة ، حيث يمكن من خلالها ، التوصل إلى نتائج دقيقة نسبياً .

**- الأساليب الجيوفيزيائية :**

2.2.4.05 : تعد الأساليب الجيوفيزيائية ، والتي تتضمن تعريض التربة : لصدمة كهربائية ، أو زلزلة صناعية ، أو تعريضها لمجال مغناطيسي ؛ من الأساليب عالية الإختصاص ، لذا فإنّ استخداماتها محدودة ، وهي محصورة عادة ، بالأبنية ذات المواصفات الخاصة . تقوم الأساليب الجيوفيزيائية ، بتحديد تغيّر طبقات التربة ، كما تقوم بتحديد الخصائص واضحة التباين ، كان تعطينا

مثلاً ، مكان تواجد السطح الفاصل ما بين الطبقة الصخرية ، وبين الإنقطاعات المتولدة مثلاً عن أعمال سابقة ، جرت لاستخراج المعادن ؛ أو بينها وبين أي فجوات عميقة أخرى . يتطلب الوصول إلى معلومات مفيدة . خبرة ضخمة ، تعززها نتائج السبر التقليدية . تكمن أهمية استخدام الأساليب الجيوفيزيائية ، من كونها واحدة من إجراءات التقصي السريع ، تعالين من خلاله ، مدى متانة وتماسك طبقة التربة ، المحصورة ما بين حفرتي سبر متاليتين ، وتحوّل ليصبح استخدام إجراء كهذا ضرورة ، في حال كان المطلوب ، المزيد من إجراءات تقصي التربة . لا يمكن للأساليب الجيوفيزيائية ، منح معطيات كمية صريحة ، عن خصائص التربة ومواصفاتها .

#### ـ التجارب المخبرية،

2.2.4.06 : يمكن تقسيم التجارب المخبرية إلى : تجارب لتعنين الهوية ، تجارب لتحديد نسبة محتويات التربة من الرطوبة ، تجارب لتحديد كثافة التربة ، مقاومتها ودرجة تماسكها ، مدى نفوذيتها ، وتجارب لتحديد التركيب الكيميائي للتربة .

2.2.4.07 : لا شك بأهمية تحديد الهوية ، والمميزات العامة للتربة ، ولكن الشيء الأكثر أهمية ، هو قياس مقاومتها . يمكننا في المخبر فقط ، قياس مقاومة التربة ، في حال كانت العينات المأخوذة ، أقرب ما تكون إلى العينات النظامية ، لذا لا يستفاد من نتائج التجارب المخبرية في الأغلب ، إلا إذا أجريت على تربة متماسكة . تجري تجريباً ، تجربة الانضغاط الشمولي ، وهي تجربة بسيطة وسريعة ، يمكن تطبيقها على التربة الصلصالية ، التي يمكن لحزبات عينتها ؛ التماسك فور اقتطاعها من أرض الموقع . كما يمكن إجراء هذه التجربة على أرض الموقع . تعطينا نتائج التجربة ، قيمة للتماسك الظاهري (أنظر الفقرات اللاحقة) ؛ والتي تعادل تقريباً نصف إجهاد الضغط الحاصل ، عند بدء حالة الإخفاق ، تنحصر استخدامات القيمة هذه ، لاستخدام فقط للكشف عن درجة تماسك التربة ، على أكثر التقديرات دقة . تطبق أساليب مشابهة ، لتحديد درجة تماسك التربة ، منها استخدام تجربة «المقوام الجيبي»<sup>(3)</sup> ، التي تعطينا موضعياً ،

القيمة التقريبية لمقاومة التربة لضغط غير محصور ، وذلك بقياس القوة المطلوبة لدفع غاطس موسوق بنباض ، مسافة محدّدة ضمن التربة الصلصالية .

- 2.2.4.08 : إنّ الأسلوب الرئيسي المتبع لقياس مقاومة التربة

غبرياً ، هو الأسلوب المسمّى بتجربة «الضغط ثلاثي المحاور» . يمكن بالسحق الطولي لعينات معرّضة لضغوط جانبية متعدّدة (والضعيفة تجاه قوى القص) ؛

تحديد قيمتي (C) و (Ø) ، أنظر الفقرة (1. 3. 1. 02) . يمثّل الرمز (C) في

صيغة معادلة (Coulomb) ، المعطاة في الفقرة (1. 3. 1. 02) ، القيمة الحقيقية

لتماسك التربة بينما يمثّل الرمز (Ø) ، القيمة الحقيقية لزواية الإحتكاك الداخلي .

تبقى تلك القيم ثابتة ، فقط لتربة معطاة ، خاضعة لقوى قص تتصاعد قيمها ،

إلى ما قبل حدوث حالة الإخفاق ، على أن تكون التربة ذات كثافة استثنائية ،

ومحتواها من الرطوبة ضمن الحدود المعقولة . غالباً ما يسبّب تطبيق حموله على تربة

مشبعة بالماء ، ارتفاعاً مؤقتاً في الضغط الحياضي ، أنظر الفقرة

(1. 4. 1. 01) ؛ يدوم إلى أن تستكمل التربة ، إجراءات تماسكها من جديد .

يستمر الإرتفاع الطارئ في الضغط الحياضي ، فترة زمنية طويلة نسبياً ؛ في حال

كانت التربة صلصالية البنية ، وفي غضون هذه الفترة ، يتحمّل ضغط المياه

الزائد ، جزءاً من الحمولة ، بينما يتحمّل الضغط الداخلي للحبيبات فقط «q» ؛

الجزء الآخر من الحمولة . يصعب عملياً قياس وتقدير القيمة الحقيقية لتماسك

التربة ولزواوية الإحتكاك الداخلي ، وفي أيّ حالة من الحالات المطابقة وتطابقاً

نظرياً لصيغة معادلة «كولومب» ؛ نجد أنّ النتائج لا تصلح للإستخدام العام ،

لهذا توجد حاجة عادة ، لإعادة صياغة المعادلة السابقة ، لتأخذ الشكل التالي :

والمعادلة العاشرة

$$S = c + q \tan \phi$$

يمثّل الرمز «q» الضغط الإجمالي العمودي على مستوي القص ، كما يشير

الرمز (C) هنا ، إلى قيمة التماسك الظاهري ، بينما يشير الرمز (Ø) هنا ، إلى زاوية

مقاومة القص ، أنظر الشكل (4 - 2) .

- 2.2.4.09 : تقاس المقادير هذه ، تحت ظروف تمثّل بالدقة

الممكنة ، النظرة العملية للحالات المدروسة ، وتستخدم في أيّ تحليل لاحق ،

يتناول دراسة مدى استقرار التربة . لدراسة وحل مشاكل أساسات اعتيادية ، مستندة على تربة صلصالية ، تنفذ تجربة الضغط ثلاثي المحور ، بافتراض أن التربة خاضعة لظاهرة عدم الاستنزاف (يعني أن العينة الترابية المأخوذة ، لا تسمح للمياه إن تغيرت قيم الإجهادات ؛ بالدخول إليها أو الخروج منها) . تنصرف تربة صلصالية كهذه ، جرى اختبارها ضمن تلك الإقتراضات ؛ وكأن قيمة زاوية مقاومة القص العائدة لها مساوية الصفر ، على الرغم من أن القيمة الحقيقية لزاوية مقاومة القص ، قد تتجاوز (20) .



الشكل (4-2) : يقدم الشكل غيلاً  
تخطيطياً لدستور «Coulomb» ، وذلك  
عندما :  $S = C$  و  $\phi = 0$  .

2.2.4.10 - تستخدم تجربة الضغط ثلاثي المحور أيضاً ، لاختبار تربة شبه صخرية: كالطبشور، الرمل ، والطفل الصفحي . تجرى في بعض الأحيان ، تجربتي الضغط ثلاثي المحور ، والضغط غير المحصور ، على الصخور الصلبة ، لتحديد مقوماتها البكر ، على الرغم من أن قيم تلك المقومات ، لا ترتبط بأي علاقة مباشرة ، مع قيم المقومات الموضعية لتلك الصخور (وهي القيم التي تكون لها ، أثناء تواجدها معاً ضمن التربة الصخرية) ، أنظر الفقرة (2.1.1.02) .

2.2.4.11 - يساعد قياس خصائص التماسك لتربة متلاحمة ، في حساب قيم الهبوط ، أنظر الفقرة (1.4.3.04) . تقاس خصائص التماسك بأداة تسمى (OEDOMETER) «مكبس الرص وحيد الاتجاه» ؛ حيث تطبق قوى ضغط مناسبة ، وفق قيم مترابطة تدريجياً ، أو متناقصة تدريجياً إذا كان المطلوب دراسة خصائص انتفاخ التربة) . نحدد قيمة كل من  $(M_v)$  و  $(C_v)$  ، عند كل انتقال في قيمة الضغط المطبق ، يمكن أن يتولد عنه انحراف في قيمة الهبوط .

تجرى تجارب مخبرية ، لمعرفة مدى قابلية التربة لإنفاذ المياه ، وتقارن نتائجها مع التجارب المماثلة ، المجرىة على أرض الواقع .

#### - الاختبارات الكيميائية ،

- 2.2.4.12 : تقتصر الإختبارات الكيميائية عادة ، على تحديد قابلية ذوبان محتوى التربة من الكبريتات ، درجة حامضية (PH) التربة والمياه الجوفية ، وتحديد محتوى التربة من المواد العضوية . هناك أولاً تجربتان تستخدمان لتحديد إمكانية تعرض الأساسات والمرافق المدفونة ضمن التربة ، لهجوم ضار . لذا يختبر عدد كاف من العينات ، منتقاة من مواضع موزعة على أرض الموقع بشكل لائق . نحتاج إلى تحليل التربة ، خاصة المردومة منها ، تحليلًا كيميائيًا شاملاً ، إن لوحظ عليها أو على المياه الجوفية داخلها ، تلوثًا كيميائيًا ما .

#### - 2.2.5 : المعالم الطبوغرافية ،

- 2.2.5.01 : يمكن ملاحظة وتدبر المعالم ، بتتبع خطوط أي خريطة مساحية ، حتى أنه يمكننا ذلك ، من خلال السير فوق الموقع ليس إلا ، إذ بذلك ، نستطيع جمع معلومات ، حول ظروف وطبيعة الأرض ، كما هي عليها الآن ، وما ستؤول إليه في المستقبل . يمكن إيجاد ما المطلوب ملاحظته أثناء الجولة التفقدية لأرض الموقع ، فيما يلي :

أ- الدلالات التي يمكن استيعاها من تواجد الجروف ، المقاطع ، أو الخنادق .

ب- يمكن أن نستدل من تواجد الأرض المتدرجة أو المنكسرة ، على أن أرض الموقع ، قد تعرضت ، ويجوز أن تتعرض مجددًا ، إلى تصدعات وانبعثات ترابية . يمكن أن يعني تواجد تراسات على سطح مائل ، تزايد زاوية ميله عن (1/10) ، وكذلك تواجد أشجار جرداء على منحدرات من أرض الموقع ، أن هناك زحف حاصل في التربة الصلصالية .

ج- يمكن أن يشير تواجد شروخ في جوف شديد الحرارة ، على أننا أمام تربة صلصالية قابلة للتقلص . والأهم من ذلك ، هو ملاحظة شروخ متوازية تقريباً ،

إذ يعني ذلك ضرورة التعمق في البحث عن أسباب تلك الشروخ ، فقد يكون السبب ، أننا أمام تربة معرضة لانحلالات ترابية ، أو انخسافات تعدينية . يمكن بعد مراقبة ردود أفعال التربة ، اتجاها موجة برد تصيبها ، الحكم فيها إذا كانت مهياةً لجيشان تجملدي أم لا .

د- يشير تواجد ثقبوب الإزرداد في تربة طبشورية ، أو مؤلفة من أحجار كلسية ، على تواجد فجوات ما بين صخور الطبقة السفلية . كما يمكن أن تشير المنخفضات المشابهة ، أو الانخسافات السطحية الأخرى ، إلى أن أرض الموقع كانت سابقاً ، منتجاً لاستخراج المعادن .

هـ- إذا كانت المساحة موضع الدراسة تشكّل وادياً ، تحيط به المرتفعات من كل جانب ، فمن المفروض توقع احتواء تربتها على رواسب طميية ناعمة (غرين ، خث ، الخ . . .) . إن ما تقدّم صحيح أيضاً ، في حال كانت المساحة واقعة إلى جوار أنهر ، أو بعض الأقاليم الساحلية ، نتيجة إمكانية تعرضها في الحالة الأولى لمياه الفيضان ، وفي الثانية لظاهري المد والجزر . إن المساحات الواقعة على منخفضات أخرى ، خصوصاً تلك الواقعة إلى جوار جدول مياه جفت أو ردمت ، هي مساحات معرضة لأخطار الطوفان ، إن هي كانت بمثابة تفريغ مائي للأرض المجاورة ، الأكثر علواً .

و- إن البحر ، الأنهار ، والينابيع ، هي على الأرجح ، موجبات تستدعي تعرض التربة لتعرية سطحية مباشرة .

ز- يمكن الاستدلال من خلال مناسيب المياه في الخنادق ، البرك ، وجداول المياه المجاورة ؛ على منسوب المياه الجوفية ضمن أرض الموقع ، إلا أن هذه الإيماءة ، تحتاج عادة ، إلى إجراءات مكتملة ، تعزز دقتها . هناك بعض النباتات ، لا تنمو ولا تزدهر إلا في أرض سبخية ، ويدلّ تواجد أنواع منها كأشجار الحور والصفصاف ، على ارتفاع منسوب المياه الجوفية في أرض الموقع .  
ح- يدلّ تواجد تغيّرات فجائية في نمط ونوعية ما هو متواجد من أشجار ونباتات على أرض الموقع ، على تواجد تغيّرات في أحوال طبقة الأرض الواقعة تحت سطح التربة مباشرة . يسبب تواجد الأشجار والشجيرات الضخمة ،

هبوطات في التربة السطحية ، إذا كانت الطبقة التي تليها مباشرة ، هي طبقة صلبة قابلة للتقلص . تظهر هذه الهبوطات ، على شكل شروخ أو انخفاضات ، تتواجد إلى جوار الأشجار والشجيرات الضخمة .

ط - تزودنا معاينة نوعية وأحوال أي من المباني أو الطرقات المتواجدة على أو إلى جوار أرض الموقع ، بمعلومات هامة حول أحوال وظروف أرض مشابهة لأرض الموقع موضوع الدراسة . يمكن ببساطة رد حركة المبنى ، أو ما يلاحظ من شروخ عميقة على أجزاء منه ، إلى سوء تصميم الأساسات . إلا أن تواجدها ، يمكن أن يكون أيضاً ، إشارة إلى تواجد حركات في التربة السفلية ، كالانخفاضات التعدينية على سبيل المثال .

ي - ينبغي التفتيش على أي أعمال إنشائية ، تجري إلى جوار أرض الموقع ، وملاحظة فيما إذا كانت تتطلب ضخاً للمياه الجوفية أم لا ، إذ أن ضخ المياه الجوفية في أرض مجاورة لأرض الموقع ، ستيء بلا شك ، إلى توضع وأحوال المياه الجوفية المتواجدة تحت أرض الموقع .

ك - يمكن من خلال النظرة الملقاة على المعالم السطحية ، تبين المرافق العامة المتواجدة أصلاً في أرض الموقع ، كما يمكن من خلال هذه النظرة ، ملاحظة فيما إذا كان هناك على أرض الموقع ، أساسات قديمة ، أو أية منشأة أخرى .

ل - تعين أثناء الجولة التفقدية لأرض الموقع ، إمكانية تعرض المنطقة لظروف مناخية استثنائية ، ليتم إدخالها في حال إمكانية حدوثها ، ضمن متطلبات التصميم .

## - 6 . 2 . 2 تقرير التربة :

- 2.2.6.01 : ينبغي أن يحتوي تقرير التربة على النتائج الأولية للجولة التفقدية ، وعلى النتائج التفصيلية المستخلصة من إجراءات تقصي أرض الموقع ، بما فيها نتائج الاختبارات المخبرية والموضعية ، والقرارات والنصائح الموجهة لخطوات تصميم وإنشاء المبنى . يضاف إلى التقرير هذا ، تقارير ينظمها اختصاصيون ، تناقش مشاكل خاصة ، كمشكلة تأثير عمليات استخراج المعادن من باطن الأرض ، على طبيعة وبنية أرض الموقع .



2.2.6.02 : لكي يركز المنفذ إلى بنود تقرير التربة ، وما يتضمنه من نصائح وإرشادات ، ينبغي على معده الإلام بكافة التقنيات المتاحة ، ذات الصلة الوثيقة بأحوال التربة . كما ينبغي عليه ، مراعاة الوصول إلى منشأة اقتصادية . يناقش تقرير التربة ، أمر المنشأة من منطلق محدد ، يوائم ما بين متطلبات التصميم والإنشاء ، وبين مقدرة التربة على تلبية المتطلبات . تشير التعليمات التصميمية ، إلى تفاصيل قواعد الأساسات المستخدمة ، كما تلخص المشاكل الإنشائية المحتملة ، للحؤول دون الوقوع بها . وفي كل الأحوال ، تقع تبعات تحديد ماهية الرسومات التفصيلية المطلوبة ونوعيتها؛ على مهندس المشروع . يحوي تقرير التربة أيضاً ، على تعليمات مدونة ، يشير بها منظمه ، إلى تأثيرات الجملة التأسيسية على تصميم البنية الفوقية للمنشأة ، كما يتضمن تنبؤات منظم التقرير ، لكمية الهبوطات أو غيرها من الحركات المحتملة ضمن التربة .

2.2.6.03 : ينبغي أن يشير التقرير إلى المسائل التي ما تزال معلقة والتي قد تسبب تغيرات في أسلوب التصميم أو الإنشاء المتبنى . كما ينبغي عليه الإشارة إلى المسائل المهمة ، وتثبيت المطلوب لتجليتها . يوصي تقرير التربة ، في حال الضرورة ، بوجود إجراء سبور جديدة للتربة ، إذ ليس من الممكن دوماً ، الحصول على كافة المعلومات الضرورية ، من خلال سبر واحد ، خصوصاً وأنه أثناء تنظيم التقرير ، قد تطرأ مشاكل لم يتنبه إليها من كان قد قام بإجراء السبر الأولي ، ولا بد لإجلائها ، وإيجاد الحلول لها ، من إجراءات تقصي جديدة ، تأخذ بعين الاعتبار ، ما يمكن أن ينتهي إليه استقراء نتائج اختبارات العينات الجديدة ، وما يمكن أن ينجم عن اختيار ما يساعد منها ، على تفهم أبعاد المشكلات الطارئة ، تمهيداً لإيجاد الحلول المناسبة لها .

### 2.3 : بنية وأحوال التربة الضحلة بالمنشأة :

2.3.0.01 : قد تحوي التربة والمياه الجوفية ، في ظروف معينة ، مركب يمكن لها الإضرار ببنية الجملة التأسيسية ، بالمنشأة ، والمرافق العامة المدفونة داخلها . يمكن من خلال الاختبارات الكيميائية ، التي تعدّ واحدة من إجراءات تقصي الموقع ؛ الكشف على إمكانية احتواء التربة أو مياهها الجوفية ، على المركبات

الضارة هذه ، أنظر ذيل الفقرة (01 . 4 . 2 . 2) .

2.3.0.02 : تتشكّل أكثر المركبات الخطرة هذه ، من جذر الكبريتات القابل للذوبان في الماء . يتفاعل جذر الكبريتات المحلول في الماء ، مع اسمنت معظم أنواع البيتون المعروفة . يعتمد تحديد نوعيّة التفاعل ودرجته بشكل خاص ، على نسبة تركيز محلول جذر الكبريتات في التربة ، وعلى الخصائص النوعيّة للإسمنت المستخدم في الإنشاء . إلّا أنّ التأثير الحقيقي لها ، يتمثل في أنّ نتاج تفاعل محلول جذر الكبريتات وإسمنت المنشأة ، هو أملاح غير قابلة للذوبان في الماء ، أي مركبات متبلورة ، تسبّب تمثد وبالتالي تفسّخ سطح الكتلة البيتونيّة . تتفاقم الحالة ، وتزيد المشكاة ، منذرة بكارثة حقيقية ، إن استمرّ هجوم جذر الكبريتات المحلول ضمن المياه الجوفيّة ، إن وجدت ملاسة للببتون المكشوف حديثاً ؛ نتيجة تفسّخ سطحه الخارجي ، بترسّب نتاج تفاعل اسمنته ، مع جذر الكبريتات المحلول ضمن التربة .

2.3.0.03 : إن من أكثر مركبات الكبريتات تواجداً في التربة ، هي كبريتات الكالسيوم ، المغنيزيوم والصوديوم . يعدّ مركّب كبريتات الكالسيوم أقلّ المركبات هذه قابليّة للانحلال في الماء ، وبالتالي فإنّه أقلّها إثارة للمشاكل . تتواجد مركبات الكبريتات في الطبيعة ، خصوصاً في التربة الصلصاليّة المتشققة عالية الصلابة ، أنظر الفقرة (01 . 5 . 2.1) ، ضمن المل الكيوري ؛ أو في تربة ملوّنة بمياه جوفيّة ، قد اجتازت تربة غضاريّة مجاورة : تظهر جذور الكبريتات أحياناً ، على شكل بللورات مصقولة ولا معة ، وأحياناً أقلّ ، على شكل بللورات شفافة . يمكن أيضاً أن تتواجد سلسلة من تراكيز الكبريتات ، ضمن بعض أنواع الحث ، وأيضاً ضمن تربة رديّة ، مؤلفة من رواسب صناعيّة ، كطفل مناجم الفحم ، رمد المواقد ، بقايا الأبنية الحجرية أو نفايات المصانع . في بعض الحالات ، حيث تتواجد حموض كبريتيّة ضمن المياه الجوفيّة ، كحمض الكبريتي ، وكالكبريتات المذابة في محلول حمضي ، يشار إلى الأخطار الناشئة ، بصيغة مختصرة مفادها : بأنّ الأخطار تزايد طردياً مع انخفاض قيمة حامضية (PH) المياه الجوفيّة .

ه : درجة سميكية الله المجلد تسوي (27) .

2.3.0.04: يتعرّض البيتون إلى سلسلة من هجمات الكبريتات ، فقط في حال استمرار تكوّن أملاح مذابة ، بدّل المستهلكة في عملية التفاعل مع إسمنت المنشأة . يستمر تكون أملاح مذابة ، في حال استمرار الحركة الشاقولية والأفقية للمياه الجوفية ، المحملة بشوارد الكبريتات . لذا فإنّ الكتل البيتونية المتواجدة باستمرار فوق منسوب المياه الجوفية ، وكذلك تلك البعيدة عن مسالكها وبحاري تدفقها ؛ هي كتل أقلّ تعرّضاً لأخطار هجوم جدي . إلا أنّه في حال كان تركيز الكبريتات ضمن التربة ، يسمح بتعرض المنشأة لأخطار حقيقية ، وكانت حركة المياه الجوفية ، تشير إلى توفّر إمكانية تعرّض المبنى لتلك الأخطار ؛ فإنّه من الواجب اتّخاذ تدابير وقائية ملائمة ، للحدّ من وقوعه في حبال الخطر المحتمل .

2.3.0.05: يعدّ الإجراء المتمثّل ، بتنفيذ بيتون كثيف ، وفي كثامة عالية ، على رأس الإجراءات الوقائية ، التي تسعى لتجنب أضرار هجوم جذر الكبريتات ، بينما يتمثّل الإجراء الوقائي المكمل ، بالعمل على استخدام أنواع خاصّة من الإسمنت ، كالإسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات ؛ الإسمنت عالي الكبريتات ، وهو إسمنت مقاوم لجذر الكبريتات ، ويتفاعل معه ببطء شديد ؛ وأخيراً الإسمنت عالي الألومينا (أكسيد الألمنيوم) . قد نلجأ في الحالات الأشدّ خطورة ، إلى طلي العنصر البيتوني بطبقة واقية ، مصنّعة من مادة خامدة كيميائياً .

2.3.0.06: يصنّف الجدول (3-2) ، أنواع المواقع ، على ضوء تراكيز جذور الكبريتات ضمن تربتها ، وفي مياهها الجوفية . كما يحوي الجدول ، تعليمات وثيقة الصلة ، بالإجراءات الواجب اتّخاذها لحماية العناصر البيتونية . يشير العمود الثاني ، إلى النسبة المئوية للكمية الإجمالية لجذر الكبريت في تربة الموقع . بينما يشير العمود الثالث المعني بحالات مدرجة ضمن التصنيف الثالث فما فوق ؛ إلى وزن جذر الكبريتات المحلول ضمن كلّ لتر من المياه الجوفية . يظلّ الإسمنت عالي الكبريتات عرضة لأخطار تفاعله مع كبريتات الأمونيوم ، ذي القابلية العالية للإنحلال . كما أنّه من غير الملائم ، استخدام الإسمنت عالي

الألومينا ، في الأوساط عالية القلوية . تدلُّ الخبرة ، على وجوب الإمتناع عن استخدام خلطات بيتونية ، تحوي على كلوريد الكالسيوم ، إن كان المراد من تلك الخلطات ، صب عناصر بيتونية ، عرضة لأخطار ، تنأى عن ملاستها لمركبات كبريتية . تؤكد مصادر الجدول هذا ، على أنَّ التعليقات والنصائح المدونة فيه ، هي بمثابة آراء قابلة للأخذ والرد ، وليست بقاطعة ؛ إذ تعترف بأنها ما نظمتها إلا وفقاً لما توفّر لها من معلومات .

اللوحة (2-3): تعطي اللوحة قياً لمحتويات الزية والمياه الجوفية من الكبريتات - تصنيفها والتوجيهات المساعدة في معرفة كيفية معالجتها.

درجة تركيز الكبريتات المرموز لها بـ			
في التربة			
تصنيف التربة	النسبة المئوية المتوسطة الاجمالية للكبريتات من الماء المستخرج	وزن الكبريتات في لتر من الماء	في الجوفية
1	أقل من 0.2	—	أقل من 30 جزءة لكل 100000
<ul style="list-style-type: none"> <li>● لأعمال البترو للسلح ، يستخدم الاسمنت البورتلاندي المعاي أو الاسمنت البورتلاندي المطبوخ في القرن العالي.</li> <li>● ينبغي أن لا يقل وزن الاسمنت من (200kg) في كل متر مكعب واحد.</li> <li>● ينبغي أن لا تتعدى نسبة وزن الماء الى وزن الاسمنت، النسبة المقدرة بـ(55%).</li> <li>● تطلق من أجل البترو المعاي، إجراءات أقل صرامة.</li> </ul>			
2	من 0.2 الى 0.5	—	من 30 الى 120 جزءة لكل 100000
<ul style="list-style-type: none"> <li>● انظر الملاحظة الأولى.</li> <li>● (أ): يستخدم الاسمنت البورتلاندي المعاي أو الاسمنت البورتلاندي المطبوخ في القرن العالي.</li> <li>● ينبغي أن لا يقل وزن الاسمنت من (200kg) في كل (m³) واحد.</li> <li>● ينبغي أن لا تزيد نسبة وزن الماء الى وزن الاسمنت من (50%).</li> <li>● (ب): يستخدم الاسمنت البورتلاندي للمقاي للكبريتات</li> <li>● ينبغي أن لا يقل وزن الاسمنت من (200kg) في كل (m³) واحد.</li> <li>● ينبغي أن لا تزيد نسبة وزن الماء الى وزن الاسمنت من (50%).</li> <li>● (ج): يستخدم الاسمنت عالي الكبريتات</li> <li>● ينبغي أن لا يقل وزن الاسمنت من (210kg) في كل (m³) واحد.</li> <li>● ينبغي أن لا تزيد نسبة وزن الماء الى وزن الاسمنت من (50%).</li> </ul>			

3	من الى الى	م 5 2	م 120 الى	● يستخدم الاسمنت البورتلاندي -نقوده للكبريتات- الاسمنت عالي الكبريتات أو الاسمنت عالي الالومينا ● ينبغي أن لا يقل وزن الاسمنت عن (330kg) في كل (m³) واحد ● ينبغي أن لا تزيد نسبة وزن الماء الى وزن الاسمنت عن (50%)
4	من الى الى	م 1 5	م 250 الى	أ): ● يستخدم الاسمنت البورتلاندي المقادير للكبريتات أو عالي الكبريتات ● ينبغي أن لا يقل وزن الاسمنت عن (370kg) في كل (m³) واحد. ● ينبغي أن لا تزيد نسبة وزن الماء الى وزن الاسمنت عن (45%). ب): ● يستخدم الاسمنت عالي الالومينا ● ينبغي أن لا يقل وزن الاسمنت عن (340kg) في كل (m³) واحد. ● ينبغي أن لا تزيد نسبة وزن الماء الى وزن الاسمنت عن (45%)
5	أكثر من من	أكثر من 2	أكثر من 10	● يستخدم الاسمنت البورتلاندي المقادير للكبريتات أو عالي الكبريتات بالإضافة الى طبقة حامية كاثودية من مادة خاملة؛ كالاسفلت أو المستحلبات البيتونية للسطح بأغشية من الفيرغلاس. ● يستخدم الاسمنت عالي الالومينا بوزن لا يقل عن (370kg) لكل (m³) واحد. ● ينبغي أن لا تزيد نسبة وزن الماء الى وزن الاسمنت في كلا الحالتين عن (40%).

الملاحظة الأولى: إن عيار الاسمنت للملح في التصنيف رقم (2)، هو لمحد الأصفر الذي تسمح به وتجيزه المصالح المختصة. ينبغي وضع عيار الاسمنت الملح بهذه الأصفر في التصنيف رقم (2)، في حال وصول نسبة الكبريتات الى هذا العيار.

الملاحظة الثانية: ينبغي مراعاة الحالات والظروف الاستثنائية؛ كحالة المقاطع البيتونية السحلية المقاطع المعرضة لضغوط هيدروستاتيكية، هل بجانب واحد منها فقط؛ والمقاطع البيتونية المنصوبة جزئياً بالماء، حيث يحرص في حالات كهذه على تقليص نسبة وزن الماء الى وزن الاسمنت الى أبعد حد ممكن؛ وفي حال الاضطراب، يجري العمل على زيادة وزن الاسمنت في المتر للمكب الواحد؛ لضمان الحصول على اللدونة المطلوبة لتسهيل البيتون، دون المساس بدرجة التماسك المطلوبة للمقطعة البيتونية، وبالتالي تأمين متطلبات الوصول الى بيوتون كقيم معطى للمواصفات المطلوبة.  
● تستخدم معطيات اللدونة هذه لبيوتون تم سبه الى جوارز مد جوفية عالجها، تفرج حاصيتها ما بين (5-10)؛ وساقية طبعها على كبريتات؛ الا انها في نفس الوقت خالية من الملوثات كملح الامونيوم. لا يتصح بدمج الاسمنت البورتلاندي العالي في خلطة البيتون المستخدم في اوساط حاصية يزيد تصنيفها عن (4). يمتلك الاسمنت البورتلاندي المقادير للكبريتات؛ مقبولة للمحوضي تزيد قليلا عن الاسمنت البورتلاندي العالي؛ الا انه من خلال الرصد الميداني، يتبين لنا ان استخدام بيوتون كهذا، خلقة كهذه، يتم حل نضال شيق. يمكن استخدام الاسمنت عالي الالومينا في اوساط على درجة حوصيتها عن (4). كما يمكن للاسمنت عالي الكبريتات في اوساط كهذه، أن يغطي نتائج مرعبة، شريطة أن يكون البيتون المستخدم كثيفاً ومعداً بطريقة تكون فيها نسبة وزن الماء الى الاسمنت حوالي (40)، وكذلك أن لا تزيد درجة حوصية التربة الناشئة عن تفرج حوضي معقبة ضمن ثائرة عن (3.5).

2.3.0.07 : تتنوع تراكيز الكبريتات ضمن التربة تنوعاً كبيراً ، مما يؤدي إلى ضرورة أخذ عينات كثيرة ، على الرغم من أن كلف الاختبار تتناقص كثيراً ، في حال تجميع العينات واختبار عدد منها معاً . من الإيجابيات الصريحة ، العمل على تصنيف المواقع ، وفقاً لتحليل مكونات مياهها الجوفية فقط ، إلا أن العينات المأخوذة من المياه الجوفية ، هي عينات مُلطّفة ، إما لاختلاطها بمياه سطحية ، أو بمياه جوفية مارة بمناطق أقل تلوثاً . يلاحظ عموماً أن المتر أو المترين العلويين من التربة الحاملة للكبريتات ، هي تربة خالية من الأملاح ، نتيجة انحلال تلك الأملاح ، في المياه التي شقت لها مسلكاً إلى باطن التربة . يتم تصنيف وتبويب الموقع ، بيد مهندس خبير ، مستنداً في ذلك على كافة المعلومات المتاحة لديه . في حالات الشك ، يصار إلى استخدام بيتون خاص ، ذي نوعية فائقة الجودة ، يحوي على اسمنت مقاوم للكبريتات ، وبهذا يُتدارك الخطر المحتمل ، ويكلف إضافية قليلة نسبياً .

2.3.0.08 : تحوي مياه البحر كميات لا بأس بها من الكبريتات ، إلا أن منها ، لا يملك خاصية هجومية ضارة ، وذلك نتيجة الفعل المُثبِّط ، الناشئ عن احتواء مياه البحر ، لكلوريد الصوديوم .

2.3.0.09 : تشابه التدابير الوقائية المتخذة ، للحد من أخطار تعرّض العناصر البيتونية ، لأوساط حامضية (المقدّرة خطورتها وفقاً لقيم PH) ؛ تلك التدابير المتخذة لتجنب الأخطار الناشئة عن تواجد جذور الكبريتات ضمن الوسط المحيط بتلك العناصر . تبدأ حالات التربة الموصوفة بالتربة الحامضية ، من التربة الخثية ، أو التربة الحاوية على مياه تتواجد فيها أحماض عضوية ، أو من ماء يسر (خال من الأملاح) يحوي على ثاني أكسيد الكربون أو حمض الكربونيك . إن الأخطار الناشئة عن تربة كهذه ، هي أخطار بسيطة عادة ، ويكفي لتجنبها خلطة بيتونية ، جيّدة التدرّج ، نظامية التركيب .

2.3.0.10 : هناك العديد من المشاكل الأخرى ، خارجة عن نطاق بحثنا هذا ، يمكن أن تسببها التربة الحاوية على مواد ضارة ، بجملة المنشأة التأسيسية منها : التسبب بصدأ المواد الحديدية المتواجدة ضمن التربة (إذ يمكن أن

تسبب الكبريتات صداً للحديد إن تواجدت في التربة أنواع محدّدة من البكتريا ؛ التسبب في اهتراء المواد الخشبية المدفونة ضمن التربة ؛ نشوب حرائق تلقائية تلتهم محتويات التربة الرديّة ، وغيرها من المشاكل الناشئة عن تواجد النفايات الكيميائية داخل بنية التربة الرديّة .

2.3.0.11 : أخيراً ، يمكن للبيتون أن يتصدّع ، ولحديد التسليح أن يصدأ ، نتيجة تعرّض العناصر البيتونيّة ، لتأثيرات العوامل الجوية ، كتعرّضها لفعل الصقيع والتشنج<sup>(24)</sup> ، والتي يمكن لأخطارهما أن تتفاقم ، نتيجة تعاقب تعرّض تلك العناصر ، لحالة جافة ، تليها حالة رطبة وهكذا ، ونتيجة أيضاً لتأثيرات الفعل الكيميائي بها . يمكن تجنّب أضرار الأخطار هذه ، بتصميم خلطة بيتونيّة ، مؤلفة من رمل وبحص عاليي الجودة ، وبتأمين تغطية بيتونيّة كافية لحديد التسليح ، لا تقل عن (50 m.m) .

#### - 2.4 الأساليب التقنية المستخدمة في معالجة التربة :

2.4.0.01 : هناك العديد من الإجراءات التقنية المستخدمة ، لتحسين خصائص التربة موضعياً ؛ إما مؤقتاً أو بشكل دائم . إنّ الإجراءات هذه ، هي من أدق المواضيع الاختصاصيّة ، لذا يتولّى القيام بها مهندسون مختصّون ، وإن كان هناك شركات تجارية ، يمكن لها تقديم خدمات ، تندرج ضمن مجموعة الإجراءات التقنية المستخدمة في معالجة التربة .

2.4.0.02 : إنّ ما سيحدّد مدى استحسان ودرجة الحاجة إلى استخدام إجراءات تقنية محدّدة لمعالجة التربة ؛ هي نتائج تقصّي الموقع . يعتمد كثير من تلك الإجراءات على أبعاد جزيئات التربة ذات العلاقة ، وأيضاً على مدى تلك الإجراءات على أبعاد جزيئات التربة ذات العلاقة ، وأيضاً على مدى تحقيقها لوفر نسبي ، لا تستطيع تحقيقه مجموعة النظم والقواعد التقليدية .

2.4.0.03 : تندرج إجراءات نظم معالجة التربة هذه ، ضمن ثلاثة تصانيف ذات عناوين عريضة هي :  
أ- تخفيض منسوب المياه الجوفية .

ب- إقصاء المياه الجوفية .  
ج- تثبيت التربة ، بما فيها تحسين طاقة التربة ، ورفع قدرتها على تلقي الحمولات .  
هناك إجراءات خاصة أخرى ، يمكن لها أن تتداخل مع كافة التقسيات تلك .

#### - 1. 4. 2. تخفيض منسوب المياه الجوفية :

2. 4. 1. 01 : ينفذ عمل كهذا ، ليكون بمثابة إجراء مؤقت ، يقصد منه إزالة مياه الحفر ، لكي يتسنى إنجاز أعمال الحفر وما يليها من أعمال إنشائية ؛ في وسط جاف . إن إجراء كهذا ، ليس من السهل دوماً إتمامه على الوجه الكامل . يمكن وضع البيتون في مكانه المخصص بواسطة المحفظة (سطل البيتون) ، رافعة قادوسية<sup>(27)</sup> ، بواسطة أنبوب متصل بقادوس الصب المائي<sup>(28)</sup> . كما يمكن إيصال البيتون بواسطة حقن الموضع بركام بيتوني جاهز . تنفذ أعمال أخرى تحت منسوب المياه الجوفية ، وإن كان من الأفضل ، تنفيذها ضمن وسط جاف . من الممكن إبعاد المياه كلية عن المساحة المعنية ، (أنظر الفقرة اللاحقة) ؛ ولكن إن لم يكن المطلوب عزلاً دائماً للمنشأة ، يبقى الإجراء المؤقت المتمثل بتخفيض منسوب المياه الجوفية ، هو الأبسط والأقل كلفة .

تنفذ عملية تخفيض منسوب المياه الجوفية ، مستعينين بشق وسائل ضخ المياه المعروفة ، كأن تضخ المياه من برك التجمع ، أنابيب التجفيف<sup>(29)</sup> ، أو من آبار عميقة . كما يمكن تنفيذ العملية ، باستخدام الطريقة الكهروضحية<sup>(30)</sup> . تستخدم بالطبع ، أي من الطرق هذه ، فقط في حال كان من الصعب ، تحقيق تخفيض لمنسوب المياه الجوفية ، من خلال تهيئة الظروف ، لتدفق المياه بشكل طبيعي ؛ إلى خارج حدود المساحة المعنية ، يظهر المخطط الموضح في الشكل (5 - 2) ، إجراءات تخفيض منسوب المياه الجوفية ، الأكثر ملاءمة لحبيبات تربة ، بأبعاد مقدرة بالملم ، تتراوح قيمها ضمن التقسيات الثلاث لكل منها : (ناعمة ، معتدلة ، وخشنة) .





## 2. 4. 2. إبعاد المياه الجوفية (قبل مباشرة أعمال الحفر) .

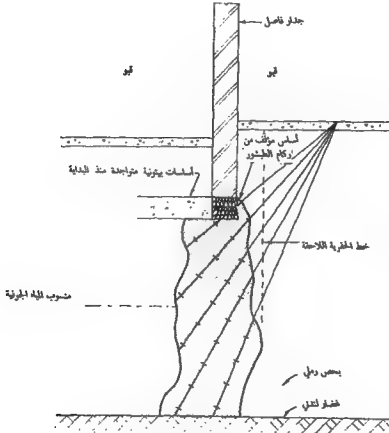
2. 4. 2. 01 : تنفذ عملية كهذه ، لتكون بمثابة إجراء مؤقت ، أو لتكون بمثابة إجراء دائم ، كأن يصار إلى بناء قبو ضمن تربة مشبعة بالماء ، حيث تشكل إجراءات إبعاد المياه الجوفية مع المنشأة الدائمة ، نظاماً متكاملأ . يلاحظ في النمط الآخر عادة ، وجود طبقة كريمة من البيتون المسلح ، تقع ما بين طبقتين غير نفوذتين من طبقات التربة . يمكن تنفيذ الطبقة البيتونية ، بصب جدار من البيتون المسلح ، في المكان المخصص ، بواسطة قادوس الصب المائي ، وذلك ضمن خندق يحفر ويثبت مؤقتاً بوحل البيتونيت ، أو بصب جدار ركاتري من البيتون ، ذي تجاويف مستمرة . يمكن إدراج القيسونات (وهي منشآت كريمة غاطسة ضمن التربة أو الماء) ؛ أيضاً ضمن تصنيف المنشآت الدائمة ، المستخدمة في إقصاء المياه الجوفية . تتضمن الأساليب المؤقتة ، استخدام الحوازيق الستارية كالسدود المؤقتة المشادة على الأرض أو في الماء ؛ أساليب الحقن بالإسمنت المائع لتشكيل قواطع وذلك بإحكام سد فجوات التربة (أنظر الفقرة اللاحقة) ؛ والتبطين الموضعي للأوتاد البيتونية . لا بدّ لكي تنجح كافة الإجراءات التقنية المستخدمة لإقصاء المياه الجوفية ، من تواجد طبقة ذات كتامة كافية ، وعلى عمق معقول . ولا يستثنى من ذلك ، سوى التربة التي يمكن إجراء سدّ محكم لفجواتها ، عند منسوب أسفل الحفرية ، وذلك إما بإجراء تخفيض مؤقت للمياه الجوفية ضمن مستوى القطع ، أو بصب المنطقة بأحد أساليب الصب تحت الماء ؛ أو بحقنها بالإسمنت المائع . إن أخفقت كافة الأساليب الأخرى ، فلا بدّ من إقصاء المياه من الحفرية بشكل مؤقت (مع الإنتباه إلى ضرورة تدعيم جوانب الحفرية) ؛ عن طريق استخدام أسلوب التجميد . إنّ عملية كهذه ، هي عملية مكلفة ، ويحتاج لإنجازها إلى وقت طويل نسبياً ، لذا ينذر استخدامها . تستخدم طريقة حقن التربة ، الواقعة على جوانب الأقبية من الخارج ؛ بالإسمنت المائع ؛ لمعالجة مشاكل ارتشاح المياه ، في منشأة دائمة .

--

## 2. 4. 3. تثبيت التربة وتصين قدرتها على التحمل :

2. 4. 3. 01 : ستناقش الطرق العامة المستخدمة في تدعيم الحفریات ،

ضمن بنود وفقرات الفصل الثالث . من المفيد أحياناً ، تثبيت التربة المحاذية للحفريات ، خصوصاً تلك الواقعة تحت أساسات قديمة ، وذلك عن طريق حقن التربة بالإسمنت المائع ، وبذا تتحول التربة هذه ، لتصبح بمثابة أساس جديد ، داعم لأساس المنشأة ، أنظر الشكل (6-2) . من الملاحظ أنه حتى في حالة



الشكل (6-2) : يظهر الشكل طريقة تدعيم أساس بطريقة الحقن بالإسمنت المائع . تدعيم الحفريات بشكل محكم ، فإنه من الصعوبة بمكان ، تجنب الحركة الجانبية ، والتي يمكن أن ينشأ عنها بعدئذ ، هبوطات في أي تربة سائبة . تستخدم طريقة

حقن التربة بالإسمنت المائع أحياناً ، لتثبيت أسفل الحفريات ، كما يمكن استخدامها بمثابة إجراء مكمل ، لعملية الردم الجزئي للفجوات تحت الأرضية ، والمتخلفة عن أعمال تعدينية قديمة . يستخدم لرفع كفاءة أساليب تثبيت التربة المؤلفة من رمال سائبة ؛ طرق تعتمد على تعريض التربة لاهتزازات ترددية (عميقة أو سطحية) ، بينما تستخدم طريقة التجميد أحياناً ، لرفع كفاءة الأساليب المستخدمة في تثبيت التربة المشبعة بالماء ، خصوصاً الصلصالية أو الغرينية منها . تساهم طريقة حقن التربة بالإسمنت المائع أو تقنيات تخزيق التربة<sup>(١١)</sup> ، في تجنب ظاهرة الانزلاق الصخري . كما أنَّ عملية تثبيت الحفريات بشكل عام ، يمكن عادة رفع سويتها ، بتخفيض منسوب المياه الجوفية . تنجز مراحل تثبيت التربة أيضاً ، لتكون بمثابة إما إجراء مؤقت أو دائم .

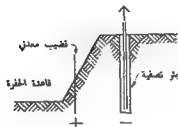
2.4.3.02 : تعدُّ عملية تحسين مواصفات التربة ، ورفع قدرتها التحميلية ، واحدة من المعايير الدائمة ، التي يمكن الركون إليها ؛ للسماح بتخفيضات تصيب أبعاد الأساسات الحاملة ؛ لتجنب إشادة أوتاد أو أيِّ أساسات عميقة أخرى ، أو ببساطة ، لمنع حدوث هبوطات مفرطة الخطورة . يمكن على أيِّ حال ، ونتيجة لتطبيق إجراءات التحسين ، حدوث إيجابيات عرضية مؤقتة أخرى ، يستفاد منها أثناء التنفيذ . تستلزم إجراءات رفع كفاءة التربة ، وزيادة قدرتها التحميلية ، كلفاً إضافية ؛ تتعدى الكلف التي يتطلبها تنفيذ منشأة دائمة ، لذا فإنَّ العديد من المصمِّمين ، يجمعون عن تطبيق أساليب تقوية التربة وتحسين نوعيتها ، وذلك لكلفتها العالية . إلّا أنَّ هناك ظروف ، تجبر المصمِّم على التفكير في حلِّ كهذا ، ومع ذلك ، لا بدَّ من إبقاء الإجراءات هذه ، محلَّ عناية وتمحيص ، بقصد معرفة مدى جدوى الإجراءات هذه ، سواء من الناحية التنفيذية أو الإقتصادية . هناك أساليب أكثر بساطة ، وتحقِّق نفس الغاية . تعتمد إحدى هذه الأساليب ، على إزالة طبقة التربة الضعيفة ، أو ذات المواصفات المخالفة ، من مكان تواجدها ، ضمن الحيز المراد تحسين التربة فيه ، لتحلَّ محلَّها تربة أفضل ، وأقرب إلى المواصفات المطلوبة . إنَّ اتِّباع طريقة مناسبة ، بقصد حقن التربة بالإسمنت المائع ، هي من الطرق القابلة للتطبيق أيضاً ، في حالة

ك هذه ؛ وربما تكون طريقة تعريض التربة لاهتزازات ترددية عميقة ، هي واحدة من أكثر الأساليب التقنية فائدة . تسبب الإهتزازات المعرّضة لها التربة على العمق المطلوب ، تراصاً لمواد التربة الحبيبية السائبة ، خصوصاً الرمال النقية منها . كما أن مشتملات التربة الأخرى ، كالحصى أو حتى المواد الأكثر خشونة أو نعومة ، كمعادن الردم بمختلف أنواعها ، والرمل الغرينية أو الغضارية ؛ يمكن لها أن تغوص ضمن التربة ، نتيجة ثقلها ؛ لمجرد تعرّضها لاهتزازات ذات ترددات عالية . يمكن من خلال دق وتد مصمت ضمن التربة ، الحصول على نتائج مشابهة ، إلا أن طريقة كهذه ، من الصعب عادة التحكم بتأثيراتها الجانبية . - 2.4.3.03 : تستخدم الطرق أنفة الذكر ، لتشكيل أعمدة حجرية

متدرجة ، تتواجد ضمن الصلصال أو الغرين الناعم ، حيث يتسنى لهذه العناصر المشكلة ضمن التربة ، تحمّل حمولات مباشرة ، كالحمولات الناتجة عن الأوتاد التقليدية ، وذلك فيما إذا كانت فروقات الهبوط مهمة . كما تساهم هذه الطرق أيضاً في تحسين مقاومة التربة لقوى القص ، وترفع من قدرتها على تصريف محتواها المائي . يساعد رفع قدرة التربة على تصريف محتواها المائي ، في زيادة ثبات التربة ككل ، وفي رفع درجة تراصها . يمكن الحصول على نتائج مشابهة ، بإنشاء مصارف شاقولية ، عن طريق ثقب أو دق التربة .

- 2.4.3.04 : يمكن في بعض الأحيان ، تحميل سطح التربة الناعمة مسبقاً ، كسطح الأرض الطبيعية مثلاً ؛ وذلك لزيادة قدرتها على الثبات ، ولتخفيض احتمالات هبوطها ، ويتم ذلك أحياناً ، بالإقتران مع وسائل تستخدم لزيادة قدرة التربة على تصريف مياهها شاقولياً . يمكن تنفيذ رص سطحي للتربة ، وذلك لحمل يساوي تقريباً نصف متر ؛ باستخدام وسائل تقليدية ، كالدحلة أو المزاز ، وبمعالجة سطح التربة ، لتقوية التربة الحبيبية ، بمزجها بالإسمنت أو بأي مادة مناسبة أخرى . يساهم التخفيض الدائم لمنسوب المياه الجوفية ، حيثما كان ذلك ممكناً عملياً ، في تحسين خصائص ومواصفات التربة ، ولكن وقبل تبني وتحمل مسؤولية وأعباء أي عمل كهذا ، لابد من دراسة تأثيرات انخفاض منسوب المياه الجوفية على هبوط التربة ، وعلى انكماش التربة الغضارية على وجه

الخصوص . تساهم المصارف المعدّة لتصريف المياه السطحيّة ، في زيادة ثبات التربة ، وفي رفع قدرتها التحميليّة .



الشكل (7 - 2) : تتحرك المياه بعيداً عن الحفرة ، نتيجة استخدام طريقة التناضح الكهربائي .

#### 2. 4. 4 - التناضح الكهربائي :

2. 4. 4. 01 : لا نستطيع في بعض الحالات ، تصريف مياه التربة ، بمعنى نزع المياه عن التربة بشكل مؤقت ، إلا باستخدام الطاقة الكهربائيّة ، وذلك لدفع المياه باتجاه الأقطاب السالبة ، المغروسة في آبار عميقة . ، يمثل الأقطاب الموجبة ، قضبان معدنيّة تدق ضمن التربة ، أنظر الشكل (7 - 2) . يعدّ الأسلوب هذا ، من الأساليب عالية الكلفة ، ويقتصر استخدامها عادة ، على التربة الغرينيّة .

#### 2. 4. 5 - حقن التربة :

2. 4. 5. 01 : من الممكن اليوم ، العمل على تحسين خواص معظم أنواع التربة ، بحقنها بوحدة أو أكثر ، من المواد اللاصقة ، المندرجة ضمن التشكيلة الواسعة التي تضمّها معاً . تعتمد الطريقة هذه بشكل أساسي ، على إعادة ملء بعض أو كافّة الفجوات المملأ سابقاً بالماء أو الهواء ؛ بمواد جديدة ، مصنّعة لتحقيق مقاصد بعينها . تساهم الطريقة هذه ، في تخفيض نفوذية التربة ؛ في زيادة مقاومة التربة ؛ أو في تحقيق كليهما معاً . يتحكّم بتقرير قابليّة تطبيق طريقة كهذه ، وتحديد مدى ملائمتها أكثر من غيرها على تحقيق الغايات المطلوبة ؛ أبعاد الجزئيات المكوّنة للتربة . هذا ، ومع الإزدياد المطرد ، لأنواع اللواصق

المناحة في الأسواق المحليّة اليوم ؛ يستحيل علينا إعطاء معلومات مفصلة في هذه العمالة . على أيّ حال ، تزودنا اللوحة (4 - 2) ، بمعلومات أوليّة ، تتيح لنا تبين أنواع التربة ، التي من الممكن حقنها بمواد لاصقة . تستعصي التربة ذات الحبيبات الناعمة ، عن الإستجابة لمتطلبات أسلوب الحقن ، وما يمكن عمله بالتربة الرملية أو الغرينية الأكثر نعومة ، هو قليل جداً ، إذا استثنينا الأساليب المعتمدة على تجميد التربة ، ومعالجتها بشكل مؤقت ، لتقبل حقنها قسراً ، بمحاليل منخفضة اللزوجة . يتم في بعض الحالات ، ضغط التربة الغرينية ، وإحداث شبكة من الشقوق المملأ بمواد لاصقة غير نفوذة .

2.4.5.02 : تطبّق معايير مشابهة ، لتقسية التربة الغضارية كثيرة الصدوع ، كما يمكن أيضاً ، تصليد التربة الصخرية ، بحقن شروخها وفجواتها ، بمواد لاصقة . على الرغم من محدودية استخدام طريقة التقسية الكهروكيميائية ، إلّا أنه يمكن استخدامها ، لتقوية التربة الغضارية المحيطة بالأوتاد . يعدّ التعامل مع التربة ذات المواد الحشنة ؛ أكثر سهولة ؛ كما تعدّ معالجتها أقلّ كلفة . تستخدم المواد اللاصقة ، على شكل مزيج معلق ، مؤلف من مواد (كالإسمنت ، الرمل ، الرماد المتطاير ، الغضار ، أو مستحلب البيتومين) ، ومعاجين كالرمل أو الرماد المتطاير . يتم اختيار المزيج المعلق المناسب ، وفقاً لأبعاد الثقوب ، الفجوات ، أو الصدوع المراد معالجتها . كما يمكن استخدام المواد اللاصقة ، التي هي على شكل محاليل متنوّعة للزوجة (كالسليكات ، الراتنجيات وغيرها من المواد الكيميائية الأخرى) ؛ والتي يمكن لها أن تتحوّل إلى مادة هلامية ، بعيد حقنها بفترة قصيرة .

2.4.5.03 : تعدّ كافّة المعالجات آنفة الذكر ، من المعالجات الدائمة نسبياً ، إلّا أنّ بعض المواد اللاصقة ، تعدّ أكثر ثباتاً من بعضها الآخر ، مما يجعل نطاق ترواحية الخصائص المحسّنة أكثر اتساعاً . يمكن التحقق من جدوى وكفاءة إجراءات الحقن ، من خلال إختبارات تجرى على أرض الموقع ، أو ضمن مخابر متخصصة . هذا ، ومن المهم أن نذكر أخيراً ، أنّ السيطرة المعرفية على أرض الموقع ، ذو أهمية كبرى ، إذ لا بدّ من معرفة خبايا ومواصفات التربة ، لكي يتم اختيار أسلوب المعالجة الأكثر ملائمة ، لطبيعة التربة المرادف تقسيته .





## - 2.5 مؤهلات المشرف وخطوات التحقق من جودة التنفيذ :

### - 2.5.1. مسؤوليات ومؤهلات مهندس اشراف :

2.5.1.01 : ينبغي على التصدي للإشراف على الموقع ، أن يكون مؤهلاً وواعياً لكافة الأحوال ، التي يمكن أن تكون عليها تربة الموقع ، كما ينبغي عليه أن يكون متأكداً من دقة تنفيذ كافة التعليمات الصادرة عن المصمم ، وبالتالي معرفة المقاصد وراء أي عمل ، سواء أكان تحضيرياً أم تنفيذياً ، كان المصمم قد طلب القيام به . ولكي ينجح المشرف في مهامه ، لا بد له من معرفة نوعية وخصائص تربة الموقع ، بما فيها أحوال المياه الجوفية ، كما لا بد من معرفة تأثير كافة الأعمال التحضيرية التي يقوم بها المتعهد ؛ على بنية وخصائص تربة الموقع ، وعلى منسوب وأحوال المياه الجوفية . كما ينبغي أن يكون متأكداً من كفاءة الأعمال التحضيرية ، ومن جودة المنشآت المؤقتة ، التي يحتاجها إنجاز المشروع ، وأن كافة التعليمات والملاحظات ، تنفذ بدقة ، بما يضمن تحقيق السلامة ، وتجنب إلحاق الضرر بالملكية . إن المماري أو المهندس الإستشاري ، هما الشخصان المؤهلان عادة ، للتصدي لمثل هذه المواضيع .

2.5.1.02 : يكسب الإشراف الفعال ، أهمية استثنائية ، أثناء تنفيذ كافة أعمال تقصي تربة الموقع ، وذلك نتيجة طبيعة تلك الأعمال ، ولكونها معرضة بشدة ، لاحتمالات الخطأ . في حال كانت أرض الموقع ، ذات طبيعة خاصة ، وكانت التربة متباينة المواصفات ، معقدة التركيب ؛ فلا بد للمشرف أن يتحلّى بمواصفات خاصة واستثنائية ، لكي يتسنى له التصدي للمسؤوليات الملقاة على عاتقه .

### - 2.5.2 قائمة التحقق :

2.5.2.01 : سنستعرض فيما يلي ، مفردات قائمة التحقق ، ذات

الأهمية الخاصة :

2.5.2.02 : تجري مراقبة أحوال التربة بعناية ، كما تدرس كافة

أجزاء الأرض التي يراد الإشادة عليها ؛ وفي حال ملاحظة أي تغير ذي مغزى ،

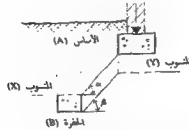
عن ما هو متوقع أو مفترض له ، سواء أكان ذلك التغير واضحاً أم ملتبساً ؛ يجري وفي الحال تقصّيه وتبيان تأثيراته ، على المنشأة وجماليتها الإنشائية .

2.5.2.03 : تصمّم مصارف المياه السطحية ، ويتقدّم أيّ عمل أو تدبير يقصد منه تخفيض منسوب المياه الجوفية ، بشكل يمكن معه تجنب إلحاق أيّ ضرر قد يصيب طبيعة وأحوال التربة السطحية . تساق المياه الجوفية ، التي يتم ضخها ، سواء من برك التجمّع ، أو من أقنية وآبار ، تمّ حفرها في مواقع محدّدة ، بعيدة عن أماكن تواجد الحفّر . إنّ مجموعة الإجراءات هذه ، تمنع تعرية الطبقة السطحية . تركّب مصافي عند ضخّ المياه الجوفية ، كي لا تتزعّج الجزئيات الناعمة من بنية التربة . تبدّل عناية خاصّة ، عند ضخّ المياه الجوفية ، بغرض تجنب إلحاق الأذى بالملكيات المجاورة ؛ ويحرص في حال تطبيق إجراءات تخفيض منسوب المياه الجوفية ، على إعادة المياه إلى طبقة قريبة ، عن طريق آبار الحقن<sup>(٢٢)</sup> ، لكي تتجنّب الهبوطات الخطرة . ينبغي أيضاً التأكيد من أنّ ارتفاع منسوب المياه الجوفية ، لأيّ سبب كان ، لن يؤدي إلى عوم المنشأة المشادة حديثاً .

2.5.2.04 : تتصّف الحفريات غالباً ، بميلها المفرط في الزيادة ، كما تتصّف الدعامات المؤقّته المستخدمة في تثبيت جوانب الحفريات غالباً بعدم الكفاية . لذا وبامتناء الحفريات البسيطة والثانوية ، يجري التأكيد ، وعلى طول وعرض أرض موقع البناء ، من كلّ ما يمكن أن يشير إلى إمكانية زعزعة استقرار جوانب الحفريّة ، كتهوّر التربة ، حركة الدعامات ، جيشان التربة السفلى ، أو ارتشاح المياه . كما ينبغي رصد الأخطار الناجمة عن تطبيق إجراءات تخفيض منسوب المياه الجوفية . وأخيراً ينبغي عدم التغاضي عن احتمال حدوث ظاهرة الصلصال العائم ، نتيجة الضغط الإرتوازي<sup>(٢٣)</sup> ، والذي يمكن تجنبها ، بحفر آبار التنفيس<sup>(٢٤)</sup> الشاقولية .

2.5.2.05 : يكتسب التنظيم أهمية خاصّة ، إذ ينبغي إنجاز العمل بالتسلسل ، لما في ذلك من فوائد تتمثّل بضبط الهبوطات المتباعدة ، أو تجنب تقويض الأساسات الجاهزة ، نتيجة تنفيذ حفريات لاحقة . تسهل مراقبة الأساسات إن هي غرست ضمن خنادق معدّة لاستقبالها ، حيث يتم استخدامها

لتلقي حمولات المنشأة الحديثة ، إلى جانب تلقفها لجزء من حمولات المنشآت المتواجدة أصلاً على الأرض ، المحاذية لحدود الملكية ، حيث قد يكون من الضروري في هذه الحالة ، إنشاء أساسات جديدة ، تساهم في زيادة كفاءة الأساسات المتواجدة أصلاً ، أنظر الشكل (8-2) .



الشكل (8-2) : يظهر الشكل كيفية إنشاء حفرة تحت منسوب أساس مجاور . في حال كان عمق الحفرة المطلوب للأساس (B) معلوماً ، فإنه ينبغي تدعيم الأساس المجاور (A) ، المتواجد أصلاً على أرض الموقع ، وذلك حتى المنسوب «A» (يتعلق تحديد عمق المنسوب «A» على قيمة الزاوية «B» . لكن إن كان الأساس «A» لم يركب بعد ، فإن من الواجب ردم خلفية الأساس «B» ، بركام من البنتون العادي ، يصل عمقه حتى المنسوب «A» كحد أدنى (تعتمد في تحديد المنسوب «A» ، على قيمة الزاوية «B» . تتحكم بقيمة زوايا «B» و «A» ، نوعية التربة وبعض اللابسات الأخرى ، بما فيها متطلبات السلطات المحلية . تساوي كلا من الزاويتين «B» و «A» في أغلب الأحيان .

2.5.2.06 : تنفذ الأساسات على أعماق كافية ، لتلائم والظروف الفعلية الخاضعة لها . تزال من التربة ، مواضع تجمع الجزئيات الناعمة ، حيثما كان ذلك ضرورياً . كما يصار إلى ردم الحفرة مفرطة العمق ، بمواد مناسبة ؛ بغية إصصالها إلى عمق معقول . تُردم قاع الحفرة العميقة عادة ، بكمية من البنتون المجهول .

2.5.2.07 : يقوم المشرف ، وذلك قبل مباشرة أعمال الصب ؛ بتفقد بُنى ومكونات كافة أساسات المبنى ، ينبغي على المشرف التنبيه إلى أي تغير يصيب أحوال التربة ، والمساورة إلى المعاينة الموضعية للمناطق التي يشك بمخالفتها

للمخصائص والمواصفات المقترضة ، وذلك بمساعدة المقوام<sup>(9)</sup> الجيبي . ينبغي على المشرف أيضاً ، حتّ القائمين على التنفيذ ، على إجراء كافّة الإختبارات التي تحدّدتها الجهات الرسميّة .

2.5.2.08 : ينبغي أن تكون التربة في الظروف الإعتياديّة ، تربة جافّة ، نظيفة وفي حالة جيّدة . يمكن إفساد بنية التربة وبثرة جزئياتها (خصوصاً الغضاريّة والطبشوريّة منها) ؛ بفعل المياه والطقس عموماً ، وكذلك بفعاليّات المتعهد ، ونتيجة لما يقوم به من أعمال . لذا يوصي الخبراء ، بترك المسافة الأخيرة من الحفريّة ، والتي لا تقل عن (150m.m) ، لتنفّذ بالأيدي العاملة مباشرة ، وذلك قبل وضع القسم الأوّل من المنشأة الدائمة . تنفّذ قاعدة من البيتون المغموس المصمت بارتفاع (75m.m) ، في حالة إنشاء جدران من البيتون المسلّح . من الضروريّ أولاً ، تثبيت بنية التربة ، بقليل من الرصّ الخفيف .

2.5.2.09 : ينبغي الإلتباه وبذل المزيد من الجهد ، عند تنفيذ أعمال الصب تحت الماء . يقوم المنفّذ بأعمال كهذه ، عندما تضطرّه الظروف ، لصب الأوتاد والركائز في المكان .

2.5.2.10 : من المهم اختيار مواد مناسبة ، تصلح لردم ما تبقى من أجزاء الحفريّة ، بعد تنفيذ المنشآت الدائمة . كما أنّه من المهمّ أيضاً ، اختيار المواد المناسبة لتشكيل مستويات وتدرّجات أرض الموقع . تنفّذ أعمال الردم على طبقات ، حيث ترصّ كل طبقة على حدى ، لضمان تماسكها . تستخدم عادة مواد ذات تدرّج حيي جيّد ، لردم الحفريّات الواقعة محاذيّة للأساسات المتواجدة أصلاً على أرض الموقع ، عدا تلك المتمثّلة ببلاطة الأرضيّة ، راجع الفقرة (2.5.2.05) ؛ والتي يصار إلى ردمها بكميّة كافية من البيتون العادي . يستخدم أحياناً ، نوع مناسب من التربة الغضاريّة في أعمال الردم هذه . تنفّذ أعمال رصّ التربة ، باستخدام المخلّعة أو المَلَك ، إذ أنّ أساليب الرص ، عن طريق تعريض التربة للاهتزازات ، لا تستخدم إلّا في ردميّة حبيبيّة التركيب .

2.5.2.11 : ينبغي الإستعانة بخبير عند الضرورة ، خصوصاً في حالة الإشراف ، على أعمال لا يمكن تنفيذها ، إلّا بيد مختصّين مهرة .

## هذا هو الفصل الثاني

- 1 - صخر النابيس : ضرب من الصخور له تركيب شريطي أو ورقي غليظ يتكوّن بالتحوّل الإقليمي .
- 2 - مستويات طباقية: هي وصف لحالة تقسم فيها المستويات؛ صخوراً رسوبية ذات طبيعة حجرية واحدة أو مختلفة.
- 3 - صخر طباقى : صخر يتكوّن من راسب متوضّع ، يتصلّب على هيئة طبقات .
- 4 - طُفْل أو طفال : صخر رسوبي دقيق الحبيبات رقائقي ، يتكوّن من جسيات غرينية أو صلصالية الحجم ، ويتألّف ثلّثه عموماً من الكوارتز ، والثلث الثاني من مادة صلصالية ، والثلث الثالث من معادن مختلفة تشمل الكربونات وأكاسيد الحديد والفلسبارات والمواد العضوية .
- 5 - حجر طيني : مكافئ متصلّب للوحل على هيئة صخر رسوبي دقيق التحبّب، كتلي ، ويحتوي على نسب متساوية تقريباً من الغرين والصلصال ، ويخلو من الترقين الدقيق للطفال أو نفسه .
- 6 - طبقة : أصغر وحدة من نسق صخري طباقى متميّز بمستوى واضح ، يفصلها عن جاراتها من أسفل ومن أعلى .
- 7 - تغلّق : تشقّق الصخرة أو ميلها الى التشقّق عبر مستويات متوازية شديدة التقارب في الصخرة نفسها .
- 8 - فاصل : كسر يمتد في الصخور، ولا يظهر أي اثر واضح لأزاحة احدى كتلي الصخور، على أحد جانبيه؛ بالنسبة لتلك التي على الجانب الآخر.
- 9 - صدّع : كسر في الصخر يتزاح عليه سطحا الكتلتين المتفصلتين؛ ازاحة مختلفة. أو تعدلها؛ عنده.
- 10 - شق : انقطاع صغير يشبه الشدخ، مع حدوث فتح أو تزحزح بسيط لسطوح الكسر.
- 11 - ضغط المحمّل : الحمل على سطح المحمّل مقسوماً على مساحته .
- 12 - فجوة انبوية : الفعل الأكّال (التحاتي) للمياه المارّة خلال سدّ أو تحته ، والذي قد يتسبّب في إحداث تسرّب أو انهيار .
- 13 - الفعل الشعري : هو الفعل الذي يجعل سطح سائل يرتفع عند مكان تماسه مع جسم صلب أو ينخفض؛ وذلك بسبب التجاذب النسي بين جزيئات السائل فيها وبينها وبين جزيئات الجسم .

14 - زاوية الإرتكاز : هي الزاوية بين الأفق ومستوى تماس جسمين ، عندما يوشك الجسم الأعلى أن ينزلق على الأسفل ، وتسمى أحيانا زاوية الاستقرار والتي تعني أيضاً ، أقصى انحدار تتوقف عنده كومة من آية مادة صلبة سائبة أو متفتتة ، دون حدوث انزلاق ، أو تستقر عليه عند قلبها أو دلفها على منحدر .

15 - طوفة أو لبيدة : حجر جيري اسفنجي ، مسامي ، ينشأ من الترسيب من ينابيع تبخرية ، أو مياه نهريّة متبخرة ، ويتم ذلك عادة على سطوح أوراق وجذوع النباتات المجاورة .

16 - قساوة أو جسوة : نسبة قوة مستقرة مؤثرة في وسط مرن قابل للتشوه ، إلى الإنزياح الحاصل .

17 - صلابة : وصف للمادة المدبجة الصلبة التي يصعب تشويهها (تغير شكلها) .

18 - مرل : يتشكل المرل من مادة متهاكة ترابية تتكوّن أساساً من الصلصال وكربونات المغنيزيوم والكلسيوم .

19 - صلصال طيني : مواد غضارية ترسبت بفعل المياه الجارية .

20 - طفّال رملي أو رمل طيني : خليط من التربة يتكوّن من الرمل والغرين والصلصال والدبال .

21 - الكوبيري : مرحلة أوروبية من الزمن الجيولوجي وخاصة في المانيا وكافء الترياسي العلوي .

22 - حجر صلصالي : صلصال قاس يغلب على تركيبه مادة دقيقة الحبيبات ، معظمها من معدن صلصالي .

23 - طيس أولوس : غرين جيري غير طباقي وغير متصلب أساساً ، وهو غالباً متجانس ، منفذ للماء ذو لون بين اللحمي والرمادي ، وتحتوي على حرن جيري وأحافير .

24 - غليان أو فوران صقيعي : هو تحرر كميات ضخمة من الماء ؛ نتيجة ذوبان مياه متجمدة ، ضمن فراغات تربة مجاشة ؛ مما يؤدي لاحقاً الى تلين التربة .

25 - خث أو ترّب : بقايا ذات لون أسمر داكن أو أسود ، تكوّنت من التفكك الجزئي وتفتت الحشائش والأشجار والنباتات الأخرى ، التي تنمو في المستنقعات والأماكن الرطبة الأخرى .

26 - الدبال : مادة غروانية توجد في التربة ، لابللورية ، دكتاه اللون عادة ، وهو مادة مركبة من أجزاء من مادة عضوية ذات أصل نباتي أو حيواني أو ميكروبي شديد المقاومة للتفكك .

27 - ديش : كسارة أحجار غير منتظمة وحثت من أنقاض بناء .

28 - أساليب التفريغ : وتستخدم فيها مضخة تفريغ ، وهي عبارة عن مضخة بسيطة لازالة الطين أو الرمل المبتل ، وتتكون من اسطوانة مجوفة مزودة عند قاعها بصمام ذي كرة .

- 29 - الأساليب الجيوفيزيائية : تطبيق مبادئ الفيزياء والرياضيات في أعمال التنقيب الجيولوجية لاكتشاف خصائص مصادر الخامات المعدنية في الصخور الكامنة في الأجزاء العليا من قشرة الأرض .
- 30 - تجربة اختراق المخروط : هي تجربة تهدف الى قياس مقاومة التربة ، لمحاولة اختراقها من قبل جسم مخروطي الشكل .
- 31 - سبر صوتي أو سبر مقاومة الإختراق : اختبارات تحت سطح الأرض ترصد فيها المقاومة الإختراقية للمادة الموجودة على السطح دون حفر الثقوب فيها ، وذلك بدفع قضيب في الأرض أو باستعمال مقياس الإختراق .
- 32 - مخروط معياري : مخروط نظامي من حيث الأبعاد والحمولات .
- 33 - أنبوب العينات : اسطوانة ذات طرف قاطع ، على هيئة معلقة تستخدم في أخذ عينات من التربة .
- 34 - ميزومتر : مقياس للضغط أو درجة الانضغاطية التي عليها جسم أو كتلة ما .
- 35 - بقوام أو مقياس الإختراق : جهاز يستعمل لتحسين قوام مادة ما ، بقياس العمق الذي تخترقه فيها إبرة قياسية في ظروف قياسية .
- 36 - تشلر : عملية بل سطح الصخر وصقله بالماء المتدفق المحمل بالزمل .
- 37 - رافعة قادوسية : سلة أو سطل أو عربة مفتوحة لرفع المواد ، مركبة رأسياً أو على مستوى مائل ، وتحرك على عجلات أو قضبان أو أعمدة ، وترفع بواسطة كبل .
- 38 - قادوس الصب المائي : جهاز لوضع الببتون تحت الماء ، يتكون من أنبوب معدني كبير مزود بقادوس في طرفه العلوي وترتبية صامية عند طرفه السفلي المغمور في الماء .
- 39 - أنبوية التجفيف : إحدى مكونات نظام التجفيف بالآبار ، تتكون من أنبوية مثقبة ، طوله عادة (4) أقدام (1.2 m) وقطرها إثنان (2 SC.m) تقريباً ، ومزودة بصمام كروي ومصفاة ونهاية نافووية ، أنظر الشكل المرفق .
- 40 - كهروضحية أو تناضح كهربائي : حركة سائل في حقل كهربائي بالنسبة لدقائق غروانية مثبتة في غشاء مسامي أو في أنبوب شعري وحيد .
- 41 - تحريق : حزم مجموعة ما ، باستخدام ألوات ملوثة مثل المسامير والصواميل والاجوطة .
- 42 - بئر الحقل : بئر تستخدم مصدراً للمياه في عملية التشيع الإصطناعي .
- 43 - ضغط ارتوازي : هو صفة لمياه جوفية ذات ضغط كاف لرفعها الى الاعلى تلقائياً .
- 44 - بئر تنقيس أو تصريف : بئر لتصريف المياه من طبقة نفوذة لتخليص السطح من الإغراق بالمياه .
- 45 - البقوام الجيبي : جهاز يستعمل لتحسين قوام مادة ما ، بقياس العمق الذي تخترقه فيها إبرة قياسية في ظروف قياسية .

## الفصل الثالث

### أنواع وتفاصيل جدران الحجز الترابي

- 3.0 المقدمة :

يتناول الفصل هذا ، المنشآت المصممة لحجز الأتربة ، أو بالأحرى ، المنشآت التلقية للضغط الجانبي ، المتولّد عن التربة ، بما فيها تأثيرات المياه الجوفية ، وتأثيرات الحمولات المطبقة على سطح الأرض الطبيعية .



## - 1. 3 ضغط التربة :

### - 1. 1. 3 أنواع ضغط التربة :

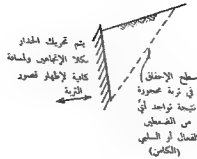
- 3.1.1.01 : يولد انتصاب وجه التربة ، وفق زاوية ميل أشد انحداراً من زاوية ميل الإسترخاء الطبيعي للتربة ، ضغطاً على المنشأة الحاجزة لها . يظهر هناك حدين للضغط .

أ - الضغط الفعّال : وهو الضغط المتولّد بحده الأصغري ، ويظهر عندما تتحرّك المنشأة بشكل كاف ، بعيداً عن التربة ، حيث يتصدّى الضغط المتولّد ، لكافة قوى القص المتولّدة ضمن التربة ، مانعاً لها من التحرك بأنحاء الخارج .  
ب - الضغط السلبي : وهو الضغط المتولّد بحده الأعظمي ، ويتولّد عندما تتحرّك المنشأة بشكل فعلي إلى داخل التربة ؛ حاشداً بذلك المقاومة القصية الإجمالية للتربة ، بهدف مواجهة حركة التربة بأنحاء الداخل .  
تدعى الحالة الوسطية بحالة الضغط الساكن ، وهي حالة تظهر عند تحرك منشأة الحجز ، لمسافة ضئيلة جداً .

- 3.1.1.02 : تصمّم الجدران المرنة ، كالجدران المستقلة ، الثقالية ، الجدران الظرفية ، وكذلك كافة الخوازيق الستارية ، الحديدية منها والخشبية ؛ على أساس تحملها لضغط مساو للضغط الفعّال . تستخدم قيمة الضغط عند السكون ، فقط عند تصميم الجدران غير المطواعة نسبياً . كالجدران المحمولة على بلاطات الأرضية . يستخدم الضغط السلبي ، أو المقاومة السلبية ، عند حساب مقاومة وجه التربة للضغط المطبق ، كالحسابات الجارية لمنع انزلاق جدار أو قاعدة .

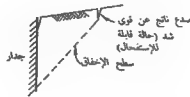
### - 2. 1. 3 حساب ضغط التربة :

- 3.1.2.01 : تفترض النظريات الرياضية المبكرة الخاصة بحساب ضغط التربة ، أنّ التربة مادة سائبة جافة ، وأنّ الضغط الفعّال أو السلبي ، يمكن تبينه ، عندما تتحرّك التربة بشكل كاف ، كاشفة سطوح الإخفاق ، أنظر الشكل (3-1) .



الشكل (1-3) : يعطي فكرة عن نظرية ضغط التربة .

يتناقص الضغط الفعال في الواقع ، عند تماسك التربة ، في حين تزداد قيمة الضغط السلبي . يمكن أن تنتصب التربة المتناسكة شاقولياً لمسافة محدودة . كما يحصل في شدوخ الشد ، التي تتشكل خلف جدار الحجز الترابي ، تحت تأثير الضغط الفعال ، أنظر الشكل (2-3) . لا علاقة للشقوق هذه ، بشقوق الإنكماش المشاهدة على التربة الصلصالية .



الشكل (2-3) : يظهر الشكل صدوع الشد في تربة غضارية محجوزة .

3.1.2.02 - تطوّرت النظريات هذه ، لتوضع في قوالب عملية ، آخذة بعين الإعتبار ، الميول في سطوح التربة المحجوزة ، وميول المنشأة ذاتها ، وكذلك الإحتكاك أو درجة التلاحم ما بين المنشأة والتربة . تعطى قيم الضغوط العمودية على سطح الجدار عادة ، وفق المعادلات العامة التالية :

الضغط الفعّال  $P_e$  :

$$P_e = K_p \cdot P_o - K_{ac} \cdot C_u + P_u$$

الضغط السكوني  $P_u$  :

$$P_u = K_p \cdot P_o + P_{uc}$$

الضغط السليبي  $P_p$  :

$$P_p = k_p \cdot P_o + K_{pc} \cdot C_u + P_{uc}$$

حيث :

$P_o$  = الضغط الشاقولي الفعّال في التربة ، أنظر الفقرة (1.4.1.05) .

$P_w$  = الإجهاد المحايد والمساوي لـ  $(Y_w \cdot h_w)$  ، أنظر نفس الفقرة السابقة .

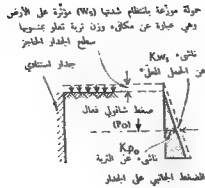
$C_u$  = درجة التلاحم ، أي قيمة إجهاد القص تحت تأثير حمولة عمودية

تساوي الصفر .

تؤخذ كافّة القيم هذه ، عند العمق المعني بالدراسة . للحصول على الضغط الأفقي ، بحسب ناتج جداء الضغط الشاقولي « $P_o$ » بالعامل « $k$ » . تؤخذ قيم العوامل :  $K_p$  ،  $K_{pc}$  ،  $K_{ac}$  ، وفقاً لخصائص التربة (درجة التلاحم  $C_u$  وقيمة زاوية الاحتكاك الداخلي  $\phi$ ) ؛ لدرجة احتكاك الجدار (تلاحمه) ؛ ووفقاً لدرجة ميل السطوح .

3.1.2.03 : يمكن أن يتواجد لضغط التربة أيضاً ، مركبات تعمل موازية لسطح الجدار . يمكن أن تعوّض الحمولة المطبقة ، بزيادة ارتفاع التربة ، إلى أن تصل إلى حجم مكافئ في وزنه لقيمة الحمولة المطبقة ، أنظر الشكل (3-3) . تعالج في بعض الأحيان ، تأثيرات ميل سطوح الأرض الطبيعية على الجدار الاستنادي ، معالجة الجدران المتلقية لحمولات مستندة على مستوي قمة الجدار الحاجز ، والتي تغطي عادة ، بتغير يصيب قيم العامل « $K$ » ، المقترنة بقيمته المعيارية بالسطح الأفقي . تمثّل الحمولة المركزة على مستوي قمة الجدار الاستنادي ، آية حمولة مطبقة على سطح التربة .

3.1.2.04 : تعطينا المعادلة الأولى ، لتربة متماسكة ، ضغطاً تربياً ذي قيمة سالبة (باستثناء  $P_w$ ) ؛ متجهاً للأسفل إلى عمق مقدّر . يمكن التفاضل عادة



• الحمل المائل: الحمل المرنكو  
حل مستوى قمة جدار استنادي

الشكل (3-3) : يظهر الشكل التوزيع النموذجي للضغط على جدار استنادي (الحالة هذه حالة تربة غير متماسكة) .

عن قيمة الضغط هذا ، بسبب أن مقاومة التربة للشد محدودة وملتسبة القيمة ، إلا أن ضغط التربة ، تُفترض قيمته عند العمق هذا ، مساوية للصفر . هذا يعني أن قيمة « $P_p$ » فقط ، هي التي تسبب تصدعات ناشئة عن قوى الشد . لا يمكن لأغراض تصميمية ، السلاح مطلقاً بأن تكون منسوب المياه الجوفية في التربة الصلصالية ، أخفض من السطح العلوي للصلصال ، ما لم يزد ظهر الجدار ، بمصارف كافية .

- 3.1.2.05 : بوجود مواد غضارية إلى القرب من سطح التربة ، يُفترض نقصاناً في المعادلة الثانية ، تغطية لاحتتمالات انتفاخ التربة السطحية ، حيث تأخذ قيمة « $K_o$ » ، مقداراً أصغر من الواحد . تتراوح قيمة « $K_o$ » عادة ما بين (0.4-0.6) للتربة غير المتماسكة ، بينما تتراوح قيمة « $K_o$ » ، ما بين (0.75-0.6) ، وذلك عند عمق محسوب ؛ لتربة صلصالية نظامية التماسك . لكن يمكن للعامل « $K_o$ » ، أن يتخذ مقداراً يزيد عن الواحد ، إن كانت جزئيات التربة الصلصالية ، منتظمة وعالية التماسك . تصل قيمة العامل « $K_o$ » ، في تربة لندن الصلصالية إلى حوالي (3.5) .

3.1.2.06 - يراعى عند التصميم : إمكانية انخفاض قيمة « $C_u$ » العائدة لترية متواسكة ، نتيجة تعرضها للتلين طويلاً الأجل . هذا ، وضمن ما هو مشاهد من أنواع التربة الصلصالية ، تنصرف التربة في آخر المطاف ، تصرفاً يشابه في الواقع ، تصرف التربة المفككة ، فتتخذ بذلك « $C_u$ » ، قيمة تساوي الصفر ، بينما تتخذ ( $\phi$ ) ، قيمة تساوي ( $20^\circ$ ) ، وذلك عند حساب كل من الضغطين السليبي والفعال ؛ على أن يضبط محتوى التربة من المياه ، بما يتناسب وحالة الضغط .

اللوحة (3-1) : توضيح اللوحة قيم معاملي الضغط الفعال « $K_a$ » والضغط السليبي « $K_p$ » ، الواقعين على جدار استنادي .

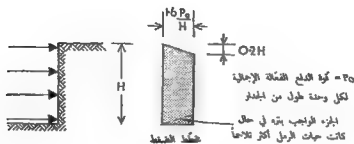
تربة خضارية ( $\phi = 0$ )	تربة غير مفككة ( $C_u = 0$ ; $K_a = 0$ , etc)
$K_a \approx 1$ $K_{ac} = 2.0$ to $2.8$	$K_a = 0.15$ to $0.60$
$K_p \approx 1$ $K_{pc} = 2.0$ to $2.8$	$K_p = 2.0$ to $12.0$ (but mostly $< 8.0$ )

3.1.2.07 - نجد المعلومات العامة ، الخاصة بالضغوط المتولدة عن التجميع الترابي ، والمتطلبات التصميمية في (CECP) ، كما نجد معطيات إضافية ضمن كتاب معنون بـ «REYNOLDS» . يتطلب اختيار قيم تصميمية مناسبة ، مهارة فائقة ، خصوصاً مع أنواع التربة المتواسكة . لكن وكما يروشدنا الدليل ، تقع قيمة العامل « $K$ » ، لضغوط سلبية وفعالة ، مطبقة على جدار شاقولي ، مشاد على سطح أرض أفقية ؛ متراوح ما بين قيم نراها موضحة ضمن اللوحة (3-1) . يقدم «CECP» ، نصيحة مفادها ، أنه لا ينبغي أن تقل قيمة « $P_i$ » لترية متواسكة عن ( $4.6 \text{ KN/m}^2$ ) ، لكل متر عمق .

3.1.2.08 - تفيد المعادلات الأولى والثانية والثالثة ؛ بأن الضغوط تتزايد طردياً مع العمق ، أنظر الشكل (3-3) . مع الحفريات المدعمة بقوائم انضغاطية ، وبوجود جدران على شكل خوازيق تثبيت ستائرية ، حيث تظهر

المطاوعة المحليّة للمنشأة ؛ يتزايد الضغط الفعّال ، ويعاد توزيعه ، أنظر الشكل (3-4) . وسّع بعض المهندسين المسألة هذه ، لتطال الجدران الصلدة ، والضغط عند الراحة .

- 3.1.2.09 : عندما تكون التربة المحجوزة ، تربة ردميّة وليست بطبيعيّة ، فإنّ معايلات التصميم ، يمكن أن تقيّم بشكل شبه تجريبي . يمكن أن يسبّب تجمّد التربة في بعض الحالات ، سلسلة من المشاكل .
- 3.1.2.10 : يمكن أن يرفع الإهتزاز أو تدفق المياه الجوفيّة ، من الضغط الواقع على التربة ؛ زيادة ضخمة ، ويقلّص من مقاومتها الإنفعاليّة .



الشكل (4 - 3) : يظهر الشكل الطريقة النموذجيّة لإعادة توزيع الضغط على حفرة مدعّمة (تربة رمليّة) .

## 2. 3 متطلبات التصميم العامة :

### 3.2.1 تأثير المياه في الأرض الطبيعيّة :

- 3.2.1.01 : يمكن أن يرفع تواجد المياه خلف منشأة الحجز الترابي ؛ من الضغط الجانبي ، كما يمكن للمياه أيضاً ، تخفيض الطاقة التحميلية للأرض الطبيعية الواقعة تحت قاعدة الجدار ، وإنقاص مقاومتها لقوى الإنزلاق ، كما يمكن لهذه المياه ، إن سنحت لها الفرصة ، لأيّ سبب كان ، التغلغل والنفوذ إلى داخل

المنشأة ، مما سيؤثر على متانة المنشأة ، ويساعد على تشوه السطح ، أو ظهور العديد من المعاييب الأخرى . لهذا يتخذ إجراء يتم فيه تركيب مصارف ضمن الردمية الخلفية ، الواقعة خلف جدار الحجز الترابي ، وأيضاً في حال الضرورة ، عند مسند قاعدة الجدار المستقل . لمزيد من التفاصيل ، يمكن الرجوع إلى «CECP» .

- 3.2.1.02 : ما لم تؤمن لنظام التصريف صيانة ، تضمن له دوام الفعالية ، فلا بد من التنبيه إلى افتراض حتمي مفاده ، أن المياه لأبد لها من التواجد خلف أي منشأة ، مشادة لحجز التراب ، عند طور ما من حياة تلك المنشأة ، حتى وإن أشيدت على مواقع جافة . فعلى سبيل المثال ، يؤدي التراكم التدريجي للمياه الجوفية والسطحية ، إلى تكوّن سد أو بركة للمياه . هناك إجراء شائع ، يفترض أن سبر التربة ، لا يمكن أن يشير إلى الحاجة الملحة ، التي تدعو إلى إنشاء جدران بارتفاع طابق ، لمنع تسرب مياه جوفية ، منسوبها يصل إلى ارتفاع يساوي ثلث ارتفاع جدران الإعاقة هذه . يمكن في حالة التربة الصلصالية ، إنشاء جدران إعاقة بارتفاع أكبر .

## - 2.2.3 مبحث التصميم الإنشائي :

- 3.2.2.01 : تصمّم منشأة حجز الأتربة ، بما يجعلها أهلاً لمقاومة : عزوم الإنعطاف ، قوى القص ، وإجهادات الضغط أو الشد المتولدة عن كافة القوى الشاقولية والجانبية ، وبهذا تغدو الحمولات ، هي المسير الحقيقي لإجراءات التصميم الإنشائية ، التي تنظم وفق الأسس المعيارية ، المحددة لاستخدامات مادة الإنشاء المقترحة . وكما هو الحال في الجدران التأسيسية ، يستخدم في إنشاء جدران الحجز الترابي ، الخلطات البتويّة الجيدة ، والغطاء التسليحي المناسب ، أنظر أيضاً الفقرات اللاحقة الخاصة بطرق إنشاء الأقبية والجدران الرافقية . يلاحظ أن إجهادات الشد المسموح بها ضمن الجدران المشادة من البلوك ، الحجر ، أو البتون العادي ، لا ينبغي لها أن تتجاوز ما هو محدد لها في (CECP) ، وهي تعليمات تميز تواجد إجهادات شد محدّدة المقدار ، ومقيّدة بظروف معيّنة . يحظر تماماً ، استخدام مجمل تلك المواد ، في إنشاء منشآت حجز التربة ، إن كان هناك إمكانية لتولد قوى ناتجة عن ضغط المياه .







### - 3. 3 أنواع منشآت حيز التربة :

- 3.3.0.01 : يمكن تقسيم النواذج الرئيسية لمنشأة حيز التربة من الناحية التنفيذية إلى مايلي :

أولاً - المنشآت المؤقتة : كالمنشآت المشادة لدعم جوانب الحفريات ، وسدود الإنضاب ، وهي أمور تخص وتُشغل المتعهد بالدرجة الأولى ، وإن كان على المعاري الإطلاع عليها ، للموافقة على مقترحات المتعهد في هذا الخصوص .

ثانياً - المنشآت الدائمة : كجدران الأقبية ، والجدران المنفصلة المشادة لحجز الأتربة . هناك بعض المنشآت ، كالجدران الرقائقية ، يمكن لها أن تؤدي كلا الوظائف .

### - 1. 3. 3 : تدعيم جوانب الحفريات :

- 3.3.1.01 : لابد من إيجاد طرق ما ، لتدعيم جوانب كافة الحفريات قليلة العمق ، ما عدا الحفريات المنقذة على شكل مقطع مفتوح ، إلى جوانب منحدره خلفياً ، مشكلة انحداراً متماشياً مع زاوية انحدار التربة ، وتلك المنقذة في أرض صخرية .

- 3.3.1.02 : حتى التربة الصخرية ، لابد أحياناً من تدعيمها ، إن اتّصفت هذه التربة بضعفها ، نتيجة احتواء صخورها على صدوع ، أو لوحظت عليها آثار العوامل الجوية . يمكن تجاوز الأخطار المحتملة أحياناً ، من خلال تصرفات إجرائية بسيطة ، كأن نبقي التربة المتماسكة ، منتصبة شاقولياً ولعمق محدد . إلا أن هذا الإجراء ، يبقى إجراء مؤقتاً ، إذ سرعان ما تتحوّل جوانب الحفرية المتماسكة ، إلى جوانب قابلة للإنهيار ، نتيجة تأثرها بالعوامل الجوية والمياه .

- 3.3.1.03 : إنّ المشاكل الأخرى الناشئة عن أعمال الحفر ضمن الموقع : كانهخفاض منسوب المياه الجوفية ، صد المياه عن الحفرية ، وضخها بعيداً عنها ، طرق التعامل مع المنشآت الملاصقة للحفرية ، والإحتياطات العامة

الواجب توفرها ، كل ذلك تم مناقشته بشيء من التفصيل ، في كتابنا «أنواع الأساسات وطرق تجهيز مخططاتها التفصيلية» .

04 . 3.3.1 : يُعتمد في اختيار النوعية والشكل الملائم للدعائم المستخدمة في تثبيت جوانب الحفرية ؛ على معرفة ظروف الحفرية ، والملايسات المحيطة بها . تستخدم طريقة تصفيح وجه التربة (وهي طريقة للتدعيم يتم فيها استخدام عناصر إنشائية خشبية ، توضع في مواجهة جدران الحفر) ؛ لتدعيم حفر ضحلة العمق ، ذات تربة متماسكة ، كما تستخدم لتدعيم أنواع من الحفر المنفذة في تربة صخرية ضعيفة . يمكن في الحالة السابقة ، استخدام عناصر إنشائية خشبية منفصلة ، بينما قد نضطر في حالات أخرى ، إلى استخدام عناصر إنشائية خشبية متصلة . سنناقش فيما يلي ، نظم التدعيم الرئيسية المستخدمة في تثبيت جدران الحفریات .



الشكل (6 - 3 - أ) : تثبيت الألواح الركائزية ، بأضلاع رابطة وبقوائم انضغاطية .

## 2. 3. 3 التدعيم الخشبي ،

01 . 3.3.2 : في الحفریات ذات الأعماق الضحلة خصوصاً ، ما تزال طريقة التصفيح الخشبي ، هي المستخدمة في أغلب الأحيان . يمكن استخدام الألواح التي على شكل صواري متصلة شاقولياً ؛ إن مكنت التربة من إجراء حفرية ، تكون فيها جوانب الحفرية ، متصلة شاقولياً ، لعق تساوِي مسافته ارتفاع ألواح الصواري الخشبية ، أنظر الشكل (6 - 3 - أ) . أما إن كان انتصاب جوانب الحفرية شاقولياً ؛ لن يتعدى عمقاً بسيطاً ، فإن طريقة التدعيم باستخدام

الألواح الأفقية ، ستكون هي الأجدى ، انظر الشكل (6 - 3 - ب) . هذا ، وبشكل عام ، غالباً ما تدق دعائم طبقية شاقولية<sup>(٢)</sup> ، لتثبيت جوانب الحفرية ، خصوصاً إن كانت التربة ضعيفة جداً ، أنظر الشكل (6 - 3 - ج) .



الشكل (6 - 3 - ب) : تثبيت الصفائح الأفقية بمعارض ملحومة وبالقوائم الإنضغاطية .



الشكل (6 - 3 - ج) : توضع العناصر الأفقية (الأضلاع الرابطة) في مكانها أولاً ، وذلك لكي يتيح المجال لدق الأوتاد العريضة بشكل شاقولي .

• : دعامة طبقية : مجموعة ألواح خشبية مكونة بعضها فوق بعض ، لتكوّن دعامة قمع البئر حفرة .

في كل حالات التدعيم (الخشبية منها عادة) ، تكون عناصر الدعم الخشبية ، عناصر مضافة . فكما يمكن للحفرية أن تتزايد عمقاً ، كذلك يمكن لعناصر الدعم الخشبية ، أن تضاف عنصراً وراء آخر ، مرتكزة على العناصر السابقة لها . وهذا تفترض العناصر الداعمة ، أن تنفيذ الحفرية ، يتناول الأطراف ، لينتهي الأمر إلى خندق ، حيث تترك التربة المتواجدة في وسط الحفرية الضخمة ، أو تنهال عليها الأتربة ، لكي يتسنى إنجاز الدعم الذاتي ، لمنشأة الحجز الترابي ، أي بمعنى آخر ، يبقى الأمر في الوسط على ماهو عليه ، لكي يتيسر للمنفذ ، نصب الدعامات الإنضغاطية الأفقية ، الداعمة للعناصر الشاقولية ، المستخدمة في تثبيت جوانب الحفرية . يمكن دعم وتثبيت العناصر الشاقولية ، المستخدمة في تثبيت

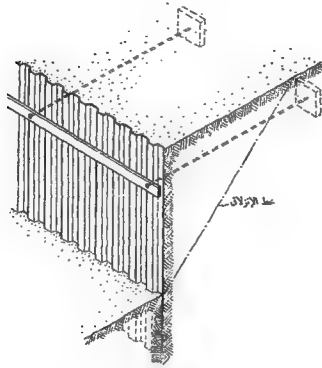
جوانب الحفرية ، بطريقة أخرى ، كأن تستخدم الركائز المائلة في دعمها ، عوضاً عن الدعامات الإنضغاطية الأفقية .

### - 3.3.3. عوض السليب أخو دعم جوانب الحفریات :

- 3.3.3.01 : هناك الآن اتجاه سائد في دعم جوانب الحفریات ، يعتمد على استخدام طريقة تصفيح الخنادق ، بصفائح معدنية (أوتاد صفائحية خفيفة الوزن) ، وذلك عوضاً عن الدعامات الخشبية الطبقية . يمكن في الحفریات العميقة ، غرز أوتاد صفائحية ثقيلة الوزن ، أنظر الفقرة اللاحقة ؛ أو صفائح أفقية من البتون المسلح مسبق الصب ، أو المصبوب في المكان ، بالإشتراك غالباً ، مع دعامات فولاذية . يمكن تصنيع الدعامات العميقة من مقاطع معدنية ، حيث تفرز دقاً في التربة ، أو توضع في أماكن تواجد فتحات ، قد سبق حفرها . يمكن العودة لاستخدام العناصر الإنضغاطية الداخلية ، بما يتوافق مع مميزات سطح التربة ، المتواجدة ضمن التربة ، فيها وراء عناصر التصفيح . يمكن استخدام روابط بسيطة ، تربط إلى كتل التثبيت الخشبية ، في المناطق الواقعة إلى القرب من سطح التربة ، إلا أن العادة قد جرت ، على حفر الفتحات ضمن تربة الموقع ، إلى المناسيب المطلوبة ، حيث يصار بعدئذ إلى تثبيت الأكبال ضمنها ، بحقق الحفر وضمئها الأكبال ، بمواد لاصقة حسنة التماسك . تجري تجارب الشد على الأكبال هذه ، لمعرفة مدى تحمل الصفائح الساندة لإجهادات الشد . تعمل تلك الأكبال على تقليص حركة الصفائح المعدنية نحو الداخل ، إلى حدّها الأدنى . من المتعلّز عملياً ، تجنّب حركات كهذه ، باستخدام الدعامات الإنضغاطية الداخلية ، مما يسبّب سلسلة من الهبوطات ، تصيب التربة المحيطة بالحفرية . يمكن إشراك دعامات مؤقتة ، كالأوتاد الصفائحية ، الأوتاد المفرّغة<sup>(1)</sup> طولياً والجلدران الرقية<sup>(2)</sup> ، ضمن بنية منشآت الحجز الدائمة . يمكن استخدام العناصر هذه ، كمصدّات للمياه ، كما يمكن تصميمها ، على شكل عناصر ظفرية متجهة نحو الأعلى ، أو على شكل عناصر مساعدة لربط الدعامات ، كما سبق توضيحه آنفاً .

### - 4. 3. 3 الأوتاد الصفحية :

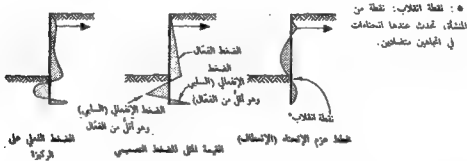
- 3. 3. 4. 01 : يمكن أن تشاد الأوتاد هذه من الخشب أو من البتون مسبق الصب ، إلا أنها تتألف عادة من مقاطع معدنية ، على شكل لفائف معشقة ، مرخص باستخدامها (ذات براءة) ، أنظر الشكل (7 - 3) ، خصوصاً ما كان منها مستخدماً ، في تنفيذ منشآت الحجز المؤقتة . تدق العناصر هذه



الشكل (7 - 3) : يظهر الشكل الركائز الصفحية .

عادة ، لتصل إلى كامل العمق المطلوب ، قبل البدء في الحفر ؛ وذلك باستخدام مطرقة الهواء المضغوط ، أو مطرقة النجار ، أو مطرقة الديزل ؛ إلا أن الأدوات المعتمدة على الإهتزاز أو الدوران اللولبي ، هي المستخدمة أحياناً ، في غرز الأوتاد

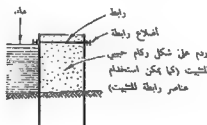
الصفائح، وذلك لتخفيض شدة الصوت ، وتجنب الضجة ، ومنع حدوث الإهتزازات الخطرة . تمنح تعاشيق الصفائح ، فرصة هائلة لتحقيق عزلاً تاماً ، يمنع تسرب المياه . يمكن للأوتاد الصفائحية أن تصمم كعناصر ظفرية ، صالحة لأعماق مكشوفة تتراوح ما بين (3m- 4m) ، ويمكن أيضاً دعمها بطرق أخرى ، من خلال أضلاع فولاذية رابطة أو مثبتات أرضية ، أو بواسطة روابط داخلية ، أو كتائف تثبيت تقع إلى القرب من السطح العلوي للترية . تحتاج الأوتاد الصفائحية ، التي تزيد أعماقها عن (8m- 10m) ؛ إلى دعائم تقع عند منتصف المنسوب . كذلك فإن أي مصدر للمياه ، يعتمد في تصميمه على تواجد أوتاد ، لا بدّ لأوتاده من اختراق التربة المكشوفة ، إلى أن تصل إلى عمق كاف لتحقيق ثبات المنشأة ، وكذلك لا بدّ من ابتكار أسلوب كفوء ، لإنجاز اختراق كاف لتحسين استقرار المنشأة ضمن التربة ، حتى ولو كانت الصفائح هي أيضاً



الشكل (8-3) : يظهر الشكل مخططي العزم والضغط للركائز الصفائحية المشكلة على شكل جدار مستند بإحكام من الأسفل ومثبتت بيسامير مصوملة من الأعلى .

مترابطة . يتوزع الضغط النموذجي ، وتنتشر عزوم الانحناء لحالة كهذه ، كما هو موضح في الشكل (8-3) . يمكن تعيين منحنى توزيع الضغط المسط ، الذي يمكن إدخاله في التصميم ، من خلال معرفتنا لقيمة الفرق ما بين ضغطي التربة ، والفعال والسليبي ، وذلك حالما تتحدد نقطة الانقلاب ، وهي النقطة التي يكون فيها عزم الانحناء مساوياً للصفر . يتطلب تصميم الأوتاد الصفائحية ، مهارات

تخصّصية ، تتدرج ضمن أحد فروع الهندسة . يمكن الحصول على إرشادات تسهيل إجراءات التصميم التمهيدية ، من الكتيبات التي تنشرها الشركات الاختصاصية ، حيث أنّ تلك الكتيبات ، يمكن لها أن تزودنا أيضاً ، بمعلومات مفيدة ، تتضمن تفاصيل عملية ، لحل العديد من المشاكل التصميمية ، كمشكلة صدأ الصفائح مثلاً . يمكن استخدام الأوتاد بأطوال تصل إلى (18m) ، إلا أنّ اختراق تلك الأوتاد للتربة القاسية ، تحدّها درجة عانة التربة لقوى الإيلاج . لهذا السبب ، يمكن أن تكون أبعاد المقاطع العرضية ، أضخم من تلك التي تم حسابها ، وفقاً لضغط التربة ، كما أنّه ينبغي ترك هامش أبعاد ، لتغطية ما يمكن أن تخسره الصفائح من أبعاد ، نتيجة الصدأ .



الشكل (9 - 3) : يظهر الشكل سدّ إنضاب على شكل جدار مؤلّف من ركيزتين صفائحتين مترابطتين معاً .

### 5. 3. 3 - سدود الإنضاب :

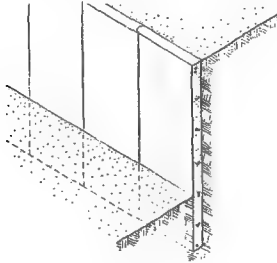
3.3.5.01 - سدود الإنضاب : هي عادة واحدة من المنشآت المؤقتة ، المشادة داخل قنوات المياه ، أو ضمن تربة مشبعة بالمياه ، وذلك لإبعاد الماء ، عن الحيز المخصّص لإجراء الأعمال الإنشائية . يمكن أن يصل عمق السد الى حوالي (15m) ، وهو يستخدم لحصر مساحات ضخمة ، كما يستخدم على شكل منشآت صندوقية الطراز ، بسيطة الأبعاد والأشكال ، متواجد ضمن الأعمال المراد تنفيذها . تعدّ أوتاد الصفائح الفولاذية ، من أكثر المواد شيوعاً في إنشاء سدود الإنضاب ؛ إلا أنّ الجسور ، المحابس (سيتم توضيحها لاحقاً) ؛ الأوتاد المعقوفة



والصفائح الوندية ، هي أيضاً من المواد التي يمكن استخدامها في سدود الإنضاب . يوضح الشكل (9-3) سدّ إنضاب نموذجي مزابر ذو أوتاد ، مؤلفاً من جدارين فولاذيين ، تفصل بينهما حشوة حبيبية القوام للتثبيت .

- 3.3.6. الأوتاد المجوفة :

- 3.3.6.01 : تستخدم الأوتاد البيتونية المجوفة المصبوبة في الموقع ؛ لتشكيل منشآت الحجز الدائمة والمؤقتة . يمكن للأوتاد أن ترتبط ببعضها تناكيباً ، كما يمكن لها أن تثبت إلى بعضها بحلقات . تمتلك الأوتاد المجوفة خصائص مشابهة للجدران القشرية ، والذي يعدّ استخدامها الأكثر شيوعاً .



الشكل (10-3) : يظهر الشكل عناصر الجدار الرقي .

### - 3.3.7. الجدران الإنشائية :

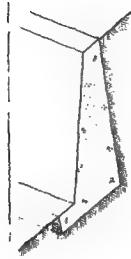
- 3.3.7.01 : تتبنّى الأوساط المعمارية اليوم ؛ الجدار هذا لتندلّ به على جدار مشاد من البيتون المسلّح ، قد صبّ داخل خندق عميق ، أنظر الشكل (10-3) . تنفّذ الشركات المتخصصة أمثال الجدران هذه ، إلى جانب العديد من الجدران ذات الأشكال والأساليب الإنشائية المغايرة . يعتمد الإنشاء على

إجراء رئيسي ، يتمثل بإنشاء الجدار على شكل بوائك ، يصل طول إحداها إلى حوالي ستة أمتار . تستخدم الآلات الميكانيكية ، في حفر الخندق إلى العمق المطلوب ، حيث يصار بعد ذلك وفي الحال ، إلى استبدال التربة المزالة ، ليحل محلها وحل البتونيت<sup>(١)</sup> ، المزوج بصلصال خاص ، ذي خصائص ، تجعله يتسيل عند الرج ، أي بكلمات أخرى ، بصلصال يسلك سلوك السائل عند الهز ، ويتحول إلى مادة هلامية صلبة (جل<sup>(٢)</sup>) عند السكون ، مما يجعلها مؤهلة لدعم جوانب الخندق . يوضع بعدئذ حديد التسليح المطلوب ، على شكل قفص حديدي ، ويصب البتون وفق خطة ، تعتمد وسيلة أنبوب قادوس الصب المائي ، حيث يصب البتون من الأسفل وباتجاه الأعلى ، لينم إزاحة البتونيت ، الذي يمكن إعادة استخدامه ، لإطالة الجدار مسافة محدّدة . يمكن تنفيذ الجدار هذا على مراحل ، حيث تنفذ الجدران البتونية ، على شكل كتل منفصلة ، تخرج من أطرافها ، قضبان حديد التسليح لمسافات كافية «تشارك حديدية» . تعالج وتنفذ الجدران الرقائقية ، المستخدمة كجدران مؤقتة لحجز التربة ، معالجة وتنفيذ الأوتاد الصفائحية ، بينما تعالج وتنفذ ، إن استخدمت كأجزاء من منشأة حجز دائمة ، معالجة وتنفيذ جدران الأقبية أو الجدران الإستنادية .

— 02 . 7 . 3 . 3 : يمكن توظيف الجدار الرقائق ، كسد يقف في وجه تدفق المياه ، إلا أن الوصلات الواقعة ما بين بوائكه ، تحتاج الى معالجة خاصة ، لتجنب ارتشاح الماء وتسربه من خلالها . في حالة الجدار المبطن ، يمكن تصريف المياه المرتشحة ، من خلال فجوة تقع على أحد طرفي الجدار . لا شك باقتصادية ركائز الصفائح المعدنية ، المخصصة لتنفيذ سلود مؤقتة ، والتي يمكن استردادها ، بعد تحقيق الغاية منها ، ولا شك بأن بمساعدتها ، يمكن توفير الكثير من المال . ولكن يمكن أن تتحول الجدران الرقائقية أيضاً ، الى جدران اقتصادية ، إن نفذت كجزء من منشأة دائمة ، كما أن لاعتمادها إيجابيات ، تتمثل بإمكانية تركيبها دون إحداث صخب أو اهتزازات ، كما يمكن أيضاً وضعها ملاصقة للأبنية المتواجدة أصلاً على الموقع ، والتي يتطلب الأمر فيها ، انشاء منشآت بأطوال قصيرة ، تعمل عمل دعامات تحمي المنشأة المشادة أصلاً على أرض الموقع ، من الانهيار .

### - 3.3.8 : الجدران الاستنادية :

- 01 . 3 . 8 : تشاد الجدران الاستنادية ، كمنشآت حرة ، ما لم تعمل كجزء من منشأة أكبر . يمكن إدراج مجمل أنواع الجدران الإستنادية ، ضمن مجموعة التصنيف التالية :



الشكل (11-3) : يظهر الشكل تفصيلا  
جدار مشاد من مواد بتائية .

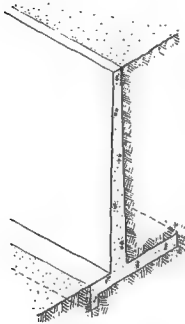
### - الجدران الكتلية لم الثقيلة<sup>(\*)</sup> ، انظر الشكل (11-3) :

- 02 . 3 . 8 : تتصف الجدران هذه ، بقدرتها الفائقة على مقاومة الانقلاب وإجهادات الانحناء<sup>(\*)</sup> ، وذلك بفضل وزنها الذاتي الضخم . تشاد الجدران الثقالية عادة من البلوك ، الحجر ، أو البيتون العادي ، ويصل ارتفاعها الى (2m) .

### - جدران خضوية لينة ، انظر الشكل (12-3) :

- 03 . 3 . 8 : تشاد الجدران هذه في المكان ، وهي عادة جدران من البيتون المسلح ، الذي يصل ارتفاع إحداها الى حوالي (6m) . ينقل الجدار

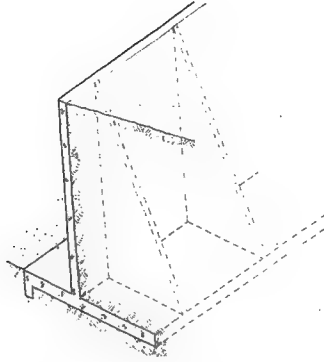
ضغط التربة الجانبي ، الى التربة الواقعة أسفل قاعدة الجدار ، بفضل مقاومة الإنشاء الذي يتحلل بها الجدار المشاد من البيتون المسلح . يُحرّص حينئذٍ كان ذلك ممكناً ، على أن يمتد جزء من قاعدة الجدار ، إلى ما تحت مكان تواجد طبقة الردم الخلفية ، إذ يساهم وزن الردمية ، في زيادة ثبات الجدار .



الشكل (12-3) : يظهر الشكل  
تفصيلة جدار ظفري مشاد من  
مواد بنائية .

#### - الجدران الحاملة الساتحة<sup>(١)</sup> : انظر الشكل (23-3)

— 04 . 8 . 3 . 3 : تستخدم الجدران الدعامية الساتدة ، كجدران استنادية ذات عمق ضخم ، حيث تعمل بشكل مشابه للجدران الظفرية اللدنة ، ما عدا القائم ، الذي تجري تقسيته ، بإنشاء أكتاف داعمة<sup>(٢)</sup> ، تشاد بعيداً عن قاعدة الجدار . يمكن تقوية الجدار ورفع صلابته ، بإضافة دعائم أفقية ، كما يمكن رفع درجة ثباته ، بربطه بشدادات أو رواسي جانبية . تشاد الجدران اللدنة أحياناً ، على شكل جدران مسبقة الإجهاد شاقولياً ، خصوصاً لمنع حركة الجدار ، بعيداً عن تربة الأرض الحاملة له ، والناجمة عن هبوط مؤخره التربة .

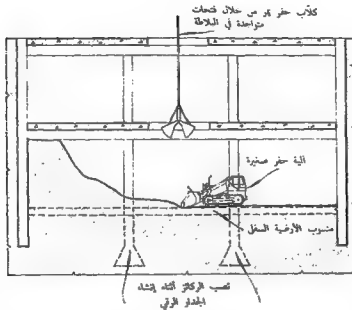


الشكل (13-3) : يظهر الشكل تفصيلة جدار مثبت بكتائف داعمة .

### - 3.3.9 جدران القبو :

3.3.9.01 - تعدُّ جدران القبو ، في منشآت الأبنية ، من أكثر الجدران الإستنادية شيوعاً ، حيث يمكن لهذه الجدران أن تشاد ، على شكل جدران رقائقيّة ، أو جدران ركائزيّة مجوّفة . كما يمكن إشتادتها مشابهة لجدران إستنادية منفصلة ، باستثناء قاعدتها ، إذ تشاد عادة ، كجزء من أرضيّة المنشأة ، أو كجزء من حصرية مسلّحة ، تشكّل قاعدة للمنشأة بأكملها ، انظر الشكل (5-3-ج) . في حال كانت جدران القبو سطحيّة ، فإنّه يمكن إنشاء الجدران من الآجر الكتيّم ، وذلك توفيراً للبال . كما يمكن إنشاؤها على شكل جدار من

البيتون المسلح المصبوب في المكان . تصمّم تفاصيل الجدران هذه ، لتعمل وكأنّها جدران ظفريّة ، إلّا أنّ المصلحة عادة ، تقتضي تواجد أرضيات علويّة رابطة ، مما يرفع كفاءة الجدار على تحمل الحمولات الجانبية . تساهم الأرضيّة السفلى أو حصيرة الأساسات ، في رفع كفاءة جدران الأقبية ، إذ تقوم بمقاومة الضغط المتجه نحو الأعلى ، والمتولّد عن ارتفاع منسوب المياه الجوفية ، كما تساهم في مقاومة تأثيرات انتفاخ التربة تحت الأساسات .



الشكل (16-3) : يظهر الشكل كيفية إنشاء قبة ابتداء من الأعلى وباتجاه الأسفل ، مستعينين على ذلك بالجدار الرقي .

٢٠٢٩ . ٣ . ٣ : يتم تنفيذ جدران الأقبية من الأعلى إلى الأسفل ، حيث تستخدم الأرضيات ، لتحقيق الدعم المؤقت والدائم للجدران الرقية ، أو جدران الركائز المجوّفة ، أنظر الشكل (16-3) .

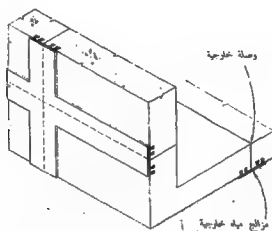
### - البيتون الكتيم -

3 . 3 . 9 . 03 - هناك العديد من الكتب التي تبحث في تفاصيل الجدران الإستنادية ووظائفها ومتطلبات إنشائها ، وهذه أمور لن نبحت فيها هنا ، بل ما سنناقشه في هذه الفقرة ، هي بعض الأمور الإشكالية المتعلقة بإنشاء الجدران البيتونية ، القادرة على جعل الأقبية ، معزولة تماماً عن المياه المحيطة بها . إن تحقيق أمر كهذا ، يحتاج إلى براعة في التنفيذ ، وإلى حسن اختيار التدابير الإحترازية ، التي تمكّننا من إنشاء جدران كتيمة من البيتون المسلح ، دون اللجوء إلى طليها أو إكسائها ببطانة مقاومة لتسرّب المياه . إن هذا لا يعني ، أنه بإمكاننا إنشاء جدران مقاومة ، تمنع حتى تسرّب بخار الماء ، ولكن ما نعنيه ، أنه بإمكاننا عملياً إن حرصنا ، أن نشيد جداراً كثيباً ، يمنع تسرّب الرطوبة . من النادر عملياً ، إنشاء جدران تمنع عن الأقبية تسرّب المياه مئة بالمئة ، ومن المحاولات الأولى ، إلا أن عدداً من الارتشاحات ، التي يمكن أن تُلحظ بعد استكمال أعمال الإنشاء ، يمكن سدها بالتتالي وإحكام ، مستعينين على ذلك ، بأساليب حقن الجدران تحت الضغط ، بالإسمنت المائع . إن وجود الأغشية العازلة ، قد تؤدي إلى إخفاء أماكن تواجد الرشوحات في بيتون المنشأة ، مما يجعل الترميمات أكثر دواماً وصعوبة .

3 . 3 . 9 . 04 - يقوم بتصميم خلطة البيتون الكتيم ، مهندس مدني متمرس ، أما المتعهد ، فتقع على عاتقه مسؤولية تنفيذ تعليمات وتوصيات المهندس المصمم ، ويمتدّى الدقة . سنعرض فيما يلي ، لبعض النقاط ، التي تُعدّ من أهم متطلبات التصميم ، والتي إن نُفّذت ، استطاع المنفذ ، تجنب نتائج بيتونيا ، حافلاً بالمسامات ، الشقوق ، وشروخ الارتشاح :

1 - يرعّ الجدران البيتون ، وتصمّم الخلطة بما يسمح بأن لا تقل مقاومة البيتون بعد مضي (28) يوماً عن  $(27N/m.m^2)$  ، وأن لا يقل محتوى الخلطة من الإسمنت عن  $(28Kg/m^3)$  . يحرص عند استخدام المواد المضافة<sup>(1)</sup> ، على أن تكون من المواد التي تساعد على رفع قابليّة تشغيل<sup>(2)</sup> البيتون ، وأن لا تحتوي على كلوريد الكالسيوم .

- 2 - من المألوف استخدام البيتون ، لتغطية منشآت تتواجد تحت منسوب الأرض الطبيعية ، ومشادة من البيتون المسلح ، وفي هذه الحالة ، ينبغي أن لا تتجاوز الإجهادات التي تتعرض لها المنشأة السفلية المغطاة بالبيتون ، الإجهادات التي يسمح للحديد القابل للطرق تحمله بشكل اعتيادي ، وهو متواجد ضمن عنصر عامل ، مشاد فوق منسوب الأرض الطبيعية .
- 3 - تصمّم المقاطع بأبسط شكل لها ، ويتجنب المصمّم عند اختيار شكل المقطع التغيرات الحادة في سكاكات الأجزاء المكوّنة للمقطع .
- 4 - يستخدم لصب البيتون الكتيم ، قوالب خشبية صلبة ، خالية من الشقوق والفواصل ، ومستخدم لربط أجزائها ، لوالب مصوملة ، قاصرة عن اختراقها بالكامل .



الشكل (15-3) : يظهر الشكل تفصيلة مزاج المياه الخارجية لإحدى الأقبية .

- 5 - تنفّذ الوصلات بدقة ، حيث يتم تنفيذ مقاطع الوصلات بشكل قائم ، ويترك حديد التسليح ليخترقها ممتداً إلى مسافة كافية . يُخشّن سطح البيتون ، قبل المباشرة بمرحلة الصب اللاحقة ، والتي يجري فيها صب القطعة المقابلة . تختلف



الآراء بين مجبّد ومعارض لتواجد مزاليج المياه<sup>(13)</sup> ما بين طرفي الوصلة الإنشائية .  
وفي كلّ الأحوال ، يبقى من المفيد عملياً ، استخدام مزاليج المياه ما بين الوصلات  
الإنشائية الخارجيّة ، خصوصاً عند القسم الشاقولي منها ، انظر الشكل  
(3-15) .

6 - من الأمور غير المحبّية ، ملاحظة وصلات تمثّد في جدران الأقبية ، إذ .  
أنّ معالجة مثل تلك الوصلات ، في غاية الصعوبة .  
7 - تتحدّد الغاية من وصلات التمثّد ، ومن المسافات المتروكة فيما بينها ،  
وكذلك الغاية من تتابع المنشأة ؛ الوصول إلى منشأة بعيدة قدر الإمكان ، عن  
تأثيرات وأخطار ظاهرة التقلّص . من الصعب عملياً ، القضاء قضاء مبرماً على  
تواجد الشقوق أو الوصلات المكشوفة ، لذا كان من المستحسن ، تجميع الشقوق  
في مواضع بعينها . فعلى سبيل المثال ، يمكن في جدار طويل ، استحداث ثقب  
شاقوليّ ، يبعد محور إحداها مثلاً عن الآخر ، ما مقداره ستة أمتار . تقوم هذه  
الثقوب باستيعاب مخلفات ظاهرة التقلّص ، ويمكن تغطيتها بأيّ وقت ، عن  
طريق حقنها بالإسمنت المائع .

## ملحق الفصل الثامن

- 1 - شذخ الشد : شذخ صخري ثانوي ينشأ عمودياً على اتجاه الشد الأقصى .
- 2 - دعامة طبقية : مجموعة ألواح خشبية مكومة بعضها فوق بعض لتكوّن دعامة تمنع انهيار جوانب الحفرة .
- 3 - أوتاد مفرغة : غير مصممة .
- 4 - رق : لوح رقيق موضوع بين جزئين متوازيين لعضو من الفولاذ الإنشائي لزيادة جسوته .
- 5 - يتونيت : صلصال ينشأ من تحلل رماد بركاني، ويتركب أساساً من معدني المونتموريلونيت والبيريليت.
- 6 - جل أو هلام : نظام غرواني ثنائي الطور، يتكون من صلب وسائل .
- 7 - جدار ثقالي : جدار سائد يستقر رأسياً بقوة وزنه الذاتي.
- 8 - إجهاد إنحناء : إجهاد شد أو ضغط داخلي طولي، ينشأ في العارضة، نتيجة تقوس تسببه حولة خارجية.
- 9 - جدار دعامي سائد : نوع من الجدران الاستنادية، على شكل جدار ظفري، ولكنه مربوط من الخلف بدعامات. جزء البلاطة الأمامي ظفري، ويوضع التسليح الرئيسي أفقياً.
- 10 - كتف : دعامة تقوية لجدار استنادي، متعامدة عليه ومتأسكة معه.
- 11 - مادة مضافة : مادة تضاف الى أخرى لتحسينها أو تقويتها أو تغييرها بأية كيفية.
- 12 - قابلية التشغيل : وصف للسهولة التي يمكن بها صب البتتون.
- 13 - مزائج المياه : ستائر فواصل التمدد والفواصل الانشائية.

## **الفصل الرابع**

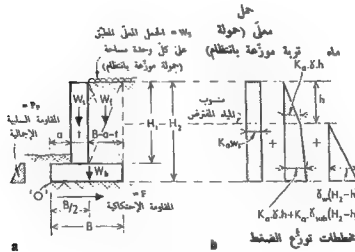
# **الطريقة النموذجية لحساب جدار استنادي**

### **- 4.0 المقدمة :**

توضّح الدراسة هذه ، أسلوب تصميم جدار استنادي بسيط ، مشاد من البيتون العادي ، من الحجر أو من البيتون المسلّح .

## 4.1 أسلوب وخطوات التصميم :

٤. ١. ٠. ٠١ : سنعرض من خلال مجموعة الفقرات التالية ،  
لأسلوب تصميم جدار ظفري بسيط ، كالموضح نموذجاً له في الشكل  
(١ - ٤ - أ) . يصلح شكل الجدار هذا ، لكي يشاد على شكل جدار استنادي من  
البيتون المسلح ، أو على شكل جدار كتلي مشاد من البلوك ، الحجر أو على شكل  
جدار استنادي ، جذعه من البيتون العادي ، وقاعدته إما من البيتون العادي أو  
المسلح . يصلح أسلوب التصميم هذا ، لجدار ذي جذع مدرج أو متحدّر  
خلفياً ، كما يستحسن أن يكون الجدار ذي عَقب أو جسر طرفي ، وذلك لرفع  
مقاومة الجدار لقوى الإنزلاق ، وأيضاً لرفع قدرة الجدار على تحمّل الحمولات  
الشافوليّة المطبّقة .



الشكل (١ - ٤ - أ) : يظهر الشكل جداراً استنادياً بسيطاً ، مثبت من طرف واحد .  
الشكل (١ - ٤ - ب) : يظهر الشكل غطط توزيع ضغط التربة .

— 0.02 . 1 . 4 : يتعرض الجدار لضغط التربة الفعّال . يُفترض من البداية ، أن كلاً من التربة والتربة الردمية ، مادتان غير متماسكتان ، ولهما خصائص ومواصفات متشابهة ، بحيث تكون :  
زاوية الاحتكاك الداخلية لكليهما :  $\emptyset$   
كثافة التربة فوق منسوب المياه الجوفية :  $\gamma$   
كثافة التربة المغمورة بالماء :  $\gamma_{Sub} = \gamma_{Sat} - \gamma_w$   
حيث :  $\gamma_{Sat}$  = كثافة التربة المشبعة بالماء .  
و :  $\gamma_w$  = كثافة الماء =  $(10KN/m^3)$  .  
— ملاحظة (1) :

يمكن استخدام أي وحدة متناغمة من وحدات القياس المعروفة ، لإتمام أعمال الحساب .  
— ملاحظة (2) :  
تُهمَل قوى الإحتكاك ما بين التربة المردومة والجدار ، في حسابات بسيطة كهذه .

لنضع قيمة لمعامل الضغط الفعّال « $K_a$ » ، موافقة لقيمة زاوية الإحتكاك الداخلية « $\emptyset$ » . تعطينا الفقرة [(CE)CP<sub>2</sub>] من الكود البريطاني ، القيم المناسبة لمعاملات الضغط الفعّال ، الموافقة لمختلف قيم زوايا الإحتكاك الداخلية « $\emptyset$ » .  
— 0.03 . 1 . 4 : لنجري الدراسة بعد ذلك عند نقطة تبعد عن قَمّة الجدار مسافة تساوي « $X$ » .

● إذا كانت :  $X \leq h$

فإن الضغط الشاقولي الفعلي يساوي :  $P_0 = W_s + \gamma \cdot X$

والضغط الفعّال :  $P_a = K_a(W_s + \gamma \cdot X)$

حيث :

$W_s$  = شدّة وكثافة الحمل المعرّف (الحمل المرتكز على مستوى قَمّة الجدار الإستنادي) .

● إذا كانت :  $X > h$

فإن :

$$P_0 = W_s + Y \cdot h + Y_{sub} (X - h)$$

$$P_a = K_a [W_s + Y \cdot h + Y_{sub} (X - h)] + P_w$$

انظر الشكل (1 - 4 - ب) حيث :

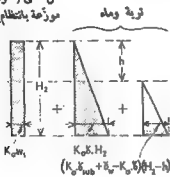
$$Y_w (X - h) = \text{ضغط الماء} = P_w$$

إذاً :

$$P_a = K_a (W_s + Y \cdot X) + (K_a \cdot Y_{sub} + Y_w) (X - h) - K_a \cdot Y (X - h)$$

«المعادلة الأولى» انظر الشكل (2 - 4) .

حل معي (محولة  
موزعة بالنظام)



الشكل (2 - 4) : يظهر الشكل توزيع ضغطي  
المياه والتربة على جدار استنادي مثبت من طرف  
واحد . يعد ترتيباً كهذا ، هو الأنسب لإجراء  
حسابات الجدران البسيطة ، انظر الشكل (1 -  
4) . كافة الضغوط والحمولات ، هي  
ضغوط وحمولات مطبقة على  
واحدة الطول .

— 04 . 1 . 0 : القيم الشائعة على النطاق العملي هي :

$$\phi = 35^\circ$$

$$K_a = 0.27$$

$$Y = 17.5 \text{ KN/m}^3$$

$$Y_{sub} = 10 \text{ KN/m}^3 = Y_w$$

حيث أن :

$$K_a \cdot Y = 4.7 \text{ KN/m}^2 \text{ (a)}$$

راجع الفصل الأول من الجزء الثاني .

$$K_a \cdot Y_{Sub} = 2.7 \text{ KN/m}^2.$$

هذا يعني أن :

$$K_a \cdot Y_{Sub} + Y_w = 12.7 \text{ KN/m}^2 \quad (b)$$

تمثل المعادلة (a) ، الضغط الجانبي لكل متر عمق يقع فوق منسوب المياه الجوفية ، وذلك بعد إهمال الحمل المعلن .

بينما تمثل المعادلة (b) ، الضغط الجانبي لكل متر عمق يقع فوق منسوب المياه الجوفية ، مضافاً إليه الضغط الواقع عند منسوب المياه الجوفية .

— 0.05 . 1 . 4 : لنعوّض :  $H_1 = X$  في المعادلة (1) ، ولنحسب الضغوط الإجمالية القاصّة (القوة الأفقية الإجمالية) ، المعرضة لها كل وحدة طول من الجدار ، وذلك عند أسفل جذع الجدار الإستنادي ، والتي تجري التصميم بمقتضى قيمها ، ولنرمز لها بـ  $(P_s)$  .

$$P_s = K_a \cdot W_s H_1 + K_a \cdot Y \frac{H_1^2}{2} + (K_a \cdot Y_{Sub} + Y_w - K_a \cdot Y)$$

$$\frac{(H_1 - h)^2}{6}$$

فيكون عزم الإنثناء الموافق لكل وحدة طول « $M_s$ » تساوي :

$$M_s = K_a \cdot W_s \cdot \frac{H_1^2}{2} + K_a \cdot Y \frac{H_1^2}{6} + (K_a \cdot Y_{Sub} + Y_w - K_a \cdot Y)$$

$$\frac{(H_1 - h)^2}{6}$$

— 0.06 . 1 . 4 : يصمّم جذع الجدار المشاد من البيتون المسلّح وفق الطريقة التقليدية ، بما يتوافق وقيم القوى هذه ، إضافة إلى الحمولة الشاقولية . يحسب الجدار الكتلي ، بعد معرفة سبّاكة جذع الجدار ، فإن كانت سبّاكة جذع الجدار تساوي (t) ، وكان وزن الجذع لكل وحدة طول تساوي « $W_s$ » فإن :

$$\frac{1.5P_s}{t}$$

= إجهاد القص الأعظمي

الإتجاه موّحد وإجهادات التثني تساوي :

### إنضغاط أعظمي

$$\frac{W_s}{t} + \frac{M_s}{t^2/6}$$

$$\frac{W_s}{t} + \frac{M_s}{t^2/6}$$

وشد إن كانت سالبة وهذا غير مسموح به :

— 07 . 0 . 1 . 4 : إن استبدلنا (H<sub>2</sub>) بـ (H<sub>1</sub>) ، فإنَّ صيغ المعادلات تتحوَّل من حساب لـ (P<sub>s</sub> و M<sub>s</sub>) إلى حساب (P<sub>b</sub> و M<sub>b</sub>) ، وهما على التوالي ، القوى الأفقية الإجمالية وعزم الانقلاب عند القاعدة ، والناشئة عن ضغط التربة . لنفرض أنَّ الوزن الإجمالي لتربة الردمية ووزن الماء الذي يعلو القاعدة = (W<sub>F</sub>) لكل وحدة طول (بما فيها الحمل المعلن) . ولنفرض أن وزن القاعدة الإجمالي = (W<sub>b</sub>) ، لكل وحدة طول . لنحسب بعدئذ عزم الحمولات الشاقولية حول المسند<sup>(1)</sup> (O) .

$$W_s(a + \frac{t}{2}) + W_F(B - \frac{B-a-t}{2}) + W_b \cdot \frac{B}{2} = M_r = \text{العزم الموازن}$$

يُمثل عادة ضغط التربة الإنفعالي (السلي) ، الواقع في مقدِّمة الجدار ، عدا ذاك المخصَّص لمقاومة قوى الإنزلاق .

لنفرض أنَّ المسافة التي يبعد بها المركز المتوسط لمراكز تطبيق الحمولات الشاقولية عن النقطة (O) تساوي (X) فتكون :

$$\overline{X} = \frac{M_r}{W_s + W_F + W_b}$$

لنفرض أنَّ مسافة لامركزية القوى المطبقة على القاعدة تساوي «e» فتكون :

$$e = \frac{B}{2} - \overline{X}$$

— 08 . 0 . 1 . 4 : لنفرض أيضاً أنَّ المقاومة الإنفعالية (السالبة) الإجمالية ، المقابلة لقوى الإنزلاق هي (P<sub>b</sub>) ، انظر [CE]CP<sub>2</sub> . وأن مقاومة

1 - يُمثِّل: هو جزء من قاعدة جدار استنادي، يقع عند الجهة المقابلة للمادة المسنودة.



الإحتكاك الإجمالية المقابلة لقوى الإنزلاق تساوي «F» ، فيكون ووفقاً لـ [(CE)CP<sub>2</sub>] :

$$F = [W_s + W_F + W_b - Y_w (H_2 - h) B] \tan \phi$$

ويكون عامل الأمان المقابل لقوى الانقلاب يساوي :

$$\frac{M_r}{M_b}$$

ويكون عامل الأمان المقابل لقوى الإنزلاق يساوي :

$$\frac{P_p + F}{P_b}$$

ووفقاً لـ [(CE)CP<sub>2</sub>] ، فإن كلا القيمتين ينبغي أن لا تقل عن (2) .  
 - 0.09 . 1 . 4 : تصمم قاعدة الأساس وفق الطريقة النظامية ،  
 آخذة بعين الاعتبار مجموع الحمولات الشاقولية المساوية (W<sub>s</sub> + W<sub>b</sub> + W<sub>F</sub>) ، عند  
 نقطة لا مركزيته تساوي (e) ، وعزم انقلاب مساوٍ لـ (M<sub>b</sub>) .  
 - 0.10 . 1 . 4 : إن كانت التربة غضارية ، فإن تصميم الجدار  
 يعتمد على القيم العددية للضغوط المعطاة آنفاً (يحمل ضغط الماء) ؛ شريطة  
 حساب الضغوط الفعلية للتربة الغضارية وفقاً لـ [(CE)CP<sub>2</sub>] ، دون اعتماد الحالة  
 الأسوأ . ينبغي في هذا الصدد ، التحقق من إمكانية حدوث الإنزلاق الدوراني ،  
 وبالتالي يعاد تقييم أو تقدير (F) ، بناء على متطلبات التحقق ، والواردة في تعليمات  
 لـ [(CE)CP<sub>2</sub>] .

- 0.11 . 1 . 4 : إن أبعاد الجدار الإفتراضية المعتمدة قبل الحساب

هي :

$$t = 0.25H_1 \text{ جدار كتلي}$$

$$= 0.085H_1 \text{ (230m.m) جدار مسلح على أن لا تقل عن}$$

$$B = 0.5H_2 - 0.67H_2 \text{ تتراوح ما بين}$$

$$a = 0.33B$$

$$\text{سكة القاعدة} = 0.15B \text{ (كحد أدنى : 300m.m)}$$

## الفهرس

- 0.1 المقدمة ..... ٣  
0.2 تعريفات تمهيدية ..... ٥

### الفصل الأول - بنية التربة النظامية وسلوكها إزاء التأثيرات الخارجية ..... ٨

- 1.1 مدخل لفهم سلوكية التربة إزاء المتغيرات الخارجية ..... ٩  
1.2 معالم وبنية التربة النظامية ..... ١١  
1.3 التصور العام لمقاومة وتشوهات التربة ..... ١٢  
1.4 أساليب حساب اجهادات التربة والهبوطات الناشئة عن الحمولة ..... ١٦  
1.5 حركات التربة الناشئة عن أسباب مغايرة للحمولة ..... ٣٦

### الفصل الثاني - تكنولوجيا التربة

- 2.0 المقدمة ..... ٥٢  
2.1 الأنواع الشائعة للتربة وأنماطها السلوكية على النطاق العملي ..... ٥٣  
2.2 معاينة الموقع ..... ٦٤  
2.3 بنية وأحوال التربة الضارة بالمنشأة ..... ٧٩  
2.4 الأساليب التقنية المستخدمة في معالجة التربة ..... ٨٥  
2.5 مؤهلات المشرف وخطوات التحقق من جودة التنفيذ ..... ٩٥

### الفصل الثالث - أنواع وتفصيل جدران الحجز الترابي ..... ١٠٢

- 3.1 ضغط التربة ..... ١٠٣  
3.2 متطلبات التصميم العامة ..... ١٠٨  
3.3 أنواع منشآت حجز الأتربة ..... ١١٢

### الفصل الرابع - الطريقة النموذجية لأصلب جدار امتناعي ..... ١٢٩

- 4.1 أسلوب وخطوات التصميم ..... ١٣٠



**.. هذا الكتاب ..**

تناول هذا الكتاب أحوال وسلوكية التربة ، ونصرفاتها  
إزاء المتغيرات الخارجية ، كما تناول بنية شتى أنواع التربة  
المعروفة ، الى جانب خصائص ومواصفات كل منها . تطرق  
الكتاب أيضاً الى بنية التربة الضارة بالنشآت المشادة عليها ،  
والإجراءات المتبعة لتحسين التربة ورفع قدرتها على التحمل .  
تناول الكتاب أيضاً أنواع الجدران المستخدمة في حجز الأتربة ،  
كما تطرق إلى تفاصيلها وطرق حسابها .

